

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko – geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

SVĚTELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ VE VYBRANÝCH LOKALITÁCH MĚSTA HAVÍŘOV

Light smog in selected areas of the city Havířov

diplomová práce

Autor:

Bc. Karolína Polaková

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Tomáš Bouchal, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Karolina Polaková**
Studijní program: N2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 3904T005 Environmentální inženýrství
Téma: **Světelné znečištění ve vybraných lokalitách města Havířov**
Light smog in selected areas of the city Havířov

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Klasifikace znečišťujících vlivů v atmosféře.
3. Změny v atmosféře mající vliv na světelné znečištění.
4. Rozbor environmentálních zón z hlediska světelného znečištění.
5. Návrh zatřídění města Havířova do environmentálních zón z pohledu světelného znečištění.
6. Posouzení veřejného osvětlení v Havířově z hlediska jeho vyzařování do horního poloprostoru.
7. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] NARISADA, K. Light Pollution handbook. Dordrecht: Springer, 2004. ISBN 1-4020-2665.
- [2] KYBA, Ch., RUHTZ, T., FISCHER, J., HÖLKER, F.: Cloud Coverage Acts as an Amplifier for Ecological Light Pollution in Urban Ecosystems, Universidade de Vigo, 2011, doi:10.1371/journal.pone.0017307
- [3] Hölker F, Wolter C, Perkin EK, Tockner K (2010) Light pollution as a biodiversity threat. Trends in Ecology & Evolution, Volume 25, Issue 12, December 2010, Pages 681-682, ISSN: 0169-5347, doi: 10.1016/j.tree.2010.09.007.
- [4] STONE, E. L., JONES, G., HARRIS, S.: Street Lighting Disturbs Commuting Bats Current Biology, Volume 19, Issue 13, 14 July 2009, Pages 1123-112, ISSN: 0960-9822
- [5] SOKANSKÝ, CSs., Prof. Ing. Karel. Světelná technika. Vydání první. Praha: EUROPRINT, a.s., ČVUT, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [6] Manuály k výpočetním programům (Relux, Dialux, WILS)
- [7] Normy ČSN EN 12464-2, ČSN EN 12193, normy pro osvětlování pozemních komunikací

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Bouchal, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 30.04.2014



prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
vedoucí institutu



prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne

.....
podpis autora

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracovala samostatně.

V Ostravě.....

.....

podpis

Chtěla bych poděkovat paní Ing. Ivetě Slimáčkové, za odborné vedení, cenné rady, podklady a připomínky k diplomové práci, slečně Ing. Barbaře Helštýnové, za dobrovolně strávený čas při měření a zpracování snímků jasové analýzy.

Anotace

V předložené práci se zabývám problematikou světelného znečištění na území města Havířov. Cílem je objasnit, co se za pojmem světelné znečištění skrývá, jaký vliv může mít na jednotlivé složky přírody např. ekosystémy, lidské zdraví, rostliny, zvířata atd. a zhodnotit veřejné osvětlení v Havířově z hlediska vyzařování do horního poloprostoru. V první části je vysvětleno obecně světlo, klasifikace znečišťujících vlivů a znečišťující látky atmosféry. Dále abychom se lépe orientovali v oblasti světelné techniky, jsem provedla analýzu základní terminologie. Následně je další kapitola věnována definici světelného znečištění a jeho důsledkům a změnám atmosféry, které mají vliv na světelné znečištění. Další část práce se podrobně věnuje rozboru environmentálních zón a návrhu zatřídění města Havířova do environmentálních zón. Na závěr práce jsem zařadila posouzení veřejného osvětlení v Havířově z hlediska jeho vyzařování do horního poloprostoru.

Klíčová slova: světlo, světelné znečištění, environmentální zóny, rušivé světlo, vyzařování do horního poloprostoru

Summary

In the present work deals with the issue of light pollution in the city Havířov. The aim is to clarify what the term for light pollution hides the influence that the individual components of nature as ecosystems, human health , plants, animals, etc. , and evaluate public lighting in Havirov in terms of radiation into the upper hemisphere . In the first part, the general light , classification of pollutants and the effects of atmospheric pollutants . Furthermore, we were better informed in lighting technology analysis of the basic terminology. Subsequently, a long chapter devoted to the definition of light pollution and its effects and changes in the atmosphere affecting the light pollution . Another part is devoted to a detailed analysis of the environmental zoning classification and design of the city Havířova to environmental zones . Finally, we 've included the assessment of public lighting in Havirov in terms of its emission into the upper hemisphere .

Key words: light, light pollution, environmental zones, intrusive light emitted into the upper hemisphere

Obsah

1. Úvod	1
2. Metodika práce	2
3. Klasifikace znečišťujících vlivů v atmosféře	2
3.1 Znečišťující látky	4
3.2 CIE- Mezinárodní komise pro osvětlení	5
3.3 Základní terminologie	5
3.4 Definice světelné znečištění	8
3.5 Důsledky světelného znečištění	9
3.5.1 Bezpečnost a kriminalita	10
3.5.2 Ekosystémy a organizmy	10
3.5.3 Hmyz	11
3.5.4 Obojživelníci a ptactvo	11
3.5.5 Rostliny	12
3.5.6 Biodiverzita	13
3.5.7 Lidské zdraví	13
3.5.8 Ekonomické plýtvání	15
3.6 Rušivé světlo	16
3.6.1 Oslnivé světlo- oslnění	17
3.6.2 Světelný přesah	17
3.6.3 Závojeová jas oblohy	17
4. Změny v atmosféře mající vliv na světelné znečištění	18
4.1 Trajektorie světelných paprsků v atmosféře	18
4.2 Rozptyl	19
4.3 Absorpce	20
4.4 Podmínky rozptylu škodlivin v atmosféře	21
4.5 Základy chemie atmosféry	23
5. Rozbor environmentálních zón z hlediska světelného znečištění	24
5.1 Legislativa v České republice	24
5.2 Legislativa ve světě	25
5.3 Normativní požadavky na rušivé světlo	27

5.4 Environmentální zóny	28
5.5 Zdroje rušivého světla	30
5.5.1 Osvětlení pozemních komunikací	30
5.5.2 Architektonické osvětlení	31
5.5.3 Osvětlení venkovních pracovišť	32
5.5.4 Osvětlení venkovních sportovišť	33
5.5.5 Reklamní osvětlení	33
5.5.6 Osvětlení letišť	35
5.5.7 Osvětlení z oken domácností, veřejných budov a nových prosklených budov ..	36
6. Návrh zatřídění města Havířova do environmentálních zón z pohledu světelného znečištění.....	40
6.1 Základní a stručné údaje o městě Havířov	40
6.2 Zatřídění města Havířov do environmentálních zón.....	40
6.3 Beskydská oblast tmavé oblohy.....	45
6.4 Světelné zatřídění komunikací.....	59
6.4.1 Třídy osvětlení.....	59
6.5 Veřejné osvětlení	61
6.6 Výpočty	62
6.7 Zhodnocení zařazení svítidla do environmentální zóny dle světelného toku.....	64
6.8 Jasová analýza vybraných lokalit města Havířov	69
7. Diskuze	71
8. Závěr	74
Zdroje	76
Seznam obrázků	85
Seznam tabulek.....	87
Seznam grafů	87
Seznam příloh	87

Seznam použitých zkratek:

České zkratky

ZL - znečišťující látka

$\mu\text{g.m}^{-3}$ - mikrogram na metr krychlový

μm - mikrometr

NO_2 - oxid dusičitý

NO - oxid dusnatý

CNS - centrální nervová soustava

VOC - těkavé organické látky

DNA - Deoxyribonukleová kyselina

PAU - polycyklické aromatické uhlovodíky

CIE - Mezinárodní komise pro osvětlení

lm - lumen

cd - kandela

SI - soustava jednotek fyzikálních veličin

lx - lux

SZ - světelné znečištění

ČR - Česká republika

UV - ultrafialové záření

OSN - organizace spojených národů

ŽP - životní prostředí

α - alfa

β - beta

BOTO - Beskydská oblast tmavé oblohy

CHKO - Chráněná krajinná oblast

E1,E2,E3,E4 - environmentální zóny

W - watt

ULOR - světelný tok vyzařovaný přímo ze svítidla do horního poloprostoru

ULR - celkový světelný tok vyzařovaný do horního poloprostoru

VO - veřejné osvětlení

1. Úvod

21. století je ve znamení rychlého života. Každý den naplníme řadou zábavy a zážitků. Prožíváme je s velkou intenzitou. Den zdaleka nekončí s příchodem večera. Žijeme ve světle měst a umělého osvětlení. Tmu stále více vytlačujeme. Svítíme nejen doma, ale i v práci, při sportu, svítí nám reklamy, ulice, architektonické budovy, parky atd. Vůbec si ale neuvědomujeme, že nejen naše město, ale každé větší město je zahaleno do světelného smogu oranžové kopule. Nikdo ale nevylučuje, že dobře technicky navržené osvětlení neplní svůj účel a je z hlediska bezpečnosti potřebné. Pokud ho ale zvolíme špatně, pak nám přináší více škod než užitku. Ve většině případů např. osvětlení parkoviště či pozemku svítí přímo do očí, čímž dochází k oslnění, což je zvláště nebezpečné pro řidiče. Z druhé strany pohledu vhodné osvětlení volíme z hlediska pohodlného spánku. V osvětlené místnosti se většinou z nás špatně usíná, proto musíme na oknech zatahovat žaluzie nebo závěsy. Jinak se nám až k posteli vkrádá rušivé světlo.

Pro náš biologický rytmus je tma velmi důležitá jako světlo. Bez tmy by si neodpočinula naše mysl, světlo vábí hmyz a zbytečným světlem se okrádáme o pohled na noční oblohu. Světelné znečištění se stává stále větším problémem. Temných míst na satelitních snímcích zůstalo velmi málo. Světelné znečištění je v mnoha případech způsobeno špatně navrženým osvětlením. Přitom stačí správně nasměrovat svítidlo na cíl. Správně navržený osvětlení by navodilo i správnou atmosféru měst a my si mohli vychutnávat přirozenou krásu noční oblohy.

Cílem mé diplomové práce je objasnit a zhodnotit problematiku světelného znečištění na území města Havířov. Při řešení této problematiky jsem využila dostupné materiály Technických služeb města Havířov a.s., které mají veřejné osvětlení na starost a odborné vedení, cenné rady a připomínky k tématu p. Ing. Slimáčkové, která je vedoucí střediska pro odpadové hospodářství, veřejné osvětlení, světelnou signalizaci. Dále jsem použila internetové zdroje a knižní literaturu zabývající se problematikou světelného znečištění, dostupné zahraniční internetové zdroje a legislativu. Práce je rozdělena na část teoretickou a část praktickou. V první teoretické části je rozebrána základní teorie světla, klasifikace znečišťujících vlivů v atmosféře, znečišťující látky, základní terminologie pro lepší orientaci ve světelné technice, pojem světelné znečištění a jeho důsledky. Závěr

teoretické části je věnován změnám atmosféry, které mají vliv na světelné znečištění. V praktické části se věnuji rozboru environmentálních zón, vlastnímu návrhu zatřídění města Havířov do environmentálních zón. Závěr práce je doplněn jasovou analýzou vybraných třech lokalit a posouzením veřejného osvětlení a jeho vyzařování do horního poloprostoru.

2. Metodika práce

Díky velice dobrým dostupným zdrojům, především internetovým a méně přístupným literárním, se problematika světelného znečištění dostává do podvědomí laické veřejnosti. Tato problematika je řešena napříč disciplínami světelné techniky, lékařských odborníků, astronomů, ekologie, biologie. Část rešeršní hovoří o problematice klasifikace znečišťujících vlivů a změn v atmosféře, které mají vliv na světelné znečištění, definice světelného znečištění a jeho vliv. Praktická část je mým vlastním návrhem zatřídění města do environmentálních zón na základě územního plánu a stanovisek zatřídění. Součástí je jasová analýza vybraných lokalit města pomocí digitální fotografie a počítačového programu tvořící jasové fotky. Závěr je věnován posouzení veřejného osvětlení z hlediska vyzařování do horního poloprostoru nejpočetněji zastoupených svítidel na základě výpočtu zářivého toku a vyzařování svítidla do horního poloprostoru.

3. Klasifikace znečišťujících vlivů v atmosféře

Světlo je jeden z nejdůležitějších faktorů životního prostředí a celkového zdravého života. Nedostatek světla může mít negativní vliv na psychiku, nervový systém, ale i na duševní pohodu. Nemalé finanční prostředky jsou vynaloženy na kvalitu osvětlení, jelikož má značný podíl na bezpečnost a kvalitu práce (Wolny, 2011).

Světlo je elektromagnetické vlnění, na které je citlivý lidský zrakový orgán - oko. Viditelné světlo se nachází v rozmezí vlnových délek $\lambda = 380 \div 780$ nm (Wolny, 2011).

Světlo určuje, jak náš svět vnímáme, jak jej zakoušíme, konkretizuje tvary, povrchy i barvy. Dále nám vytváří náš subjektivní vjem okolního prostředí a stává se společným jazykem pro jeho popis. V průběhu celého vývoje nás světlo provází a ovlivnilo nejen

duchovní, ale i kulturní a mentální vývoj. Má také významný vliv na fyziologický a biologický vývoj (Habel, Žák, 2011).

Spektrální citlivost zraku se mění v závislosti na intenzitě světla. K dosažení viditelnosti nebo rozlišitelnosti pozorovaných předmětů označujeme jako osvětlení, které ale zároveň působí na organismus člověka:

Množstvím světla (působení energetické),

Barvou světla (spektrálním složením),

Dobou trvání (krátkodobé či dlouhodobé trvání),

Střídáním denního světla a tmy (Vrbík, 2010).

K významným vlivům nepochybně patří střídání přírodního světla a tmy v průběhu celého denního cyklu. Bylo potvrzeno, že naše vnitřní biorytmy jsou synchronizované střídáním světla a tmy. Tyto vnitřní biorytmy jsou přirozené a jsou nezbytné pro udržení lidského zdraví. Sítnice převádějí světlem vyvolané vzruchy nervovými vlákny do mozku, kde se zpracovávají na zrakové vjemy, ale také ovlivňují tvorbu melatoninu neboli tzv. spánkového hormonu, který synchronizuje tzv. biologické hodiny. Relativní tma je faktor, který slouží k plnohodnotné tvorbě. Průběh spánkového cyklu je u každého jedince odlišný a závisí na věku. Také délka potřeby spánku je individuální. U dospělého člověka se délka spánku uvádí asi 8 hodin \pm 1 hodina. Ke kvalitnímu spánku je ale další dodržení podmínek vnějšího prostředí (Vrbík, 2010).

Rozvoj průmyslu, dopravy, energetiky a zemědělství se významně podílí na růstu národního bohatství. Naopak tyto všechny aktivity na druhé straně způsobují velké problémy v životním prostředí. Především průmysl a energetika jsou hlavními znečišťovateli ovzduší a producenty největšího množství odpadů (Kudláček, 2009).

Složení všech vrstev atmosféry je ovlivněno činností člověka a při nepromyšlené produkci škodlivin ohrožuje jak naše zdraví, tak rovnovážné procesy planety. Protože znečištěné ovzduší nezná hranice, je nutno prosazovat legislativní předpisy pro celý region. Evropské země kromě této bezprostřední péči o zdraví obyvatel se zapojují do celosvětových aktivit směřujících k odvrácení negativních globálních důsledků lidské činnosti: skleníkový efekt, závažné ohrožení ozónové vrstvy a následné expozice všech živých organismů škodlivému UV - B záření (Polášková a kol., 2011).

Znečišťování ovzduší je v podstatě vnášení jedné nebo více znečišťujících látek do atmosféry v důsledku lidské činnosti vyjádřené v jednotkách hmotnosti za jednotku času. Množství emisí je mírou znečišťování ovzduší. Jedná se tedy o děj či činnost. **Znečištění**, jako přítomnost látek v ovzduší - imise v dané míře a době trvání má nepříznivý vliv na životní prostředí. Znečištění je stav, který je důsledkem primárního děje. Mírou znečištění je množství imisí jednotlivých látek v daném místě nebo oblasti v přízemní vrstvě atmosféry (Hemerka, 2008).

Základními pojmy v zákonech a směrnicích o ovzduší jsou tedy emise a imise. **Emise** je množství škodliviny vnášené ze zdroje do ovzduší a **imise** znečištění venkovního ovzduší neboli koncentrace škodliviny přítomné v ovzduší hodnoceného místa (Polášková a kol., 2011).

S těmito základními pojmy souvisí pojmy emisní a imisní limit. **Emisní limit** je nejvýše přípustné množství znečišťující látky nebo skupiny látek vypouštěné do ovzduší ze zdroje znečišťování. **Imisní limit** představuje hodnotu nejvýše přípustné úrovně znečištění vyjádřené v jednotkách hmotnosti na jednotku objemu při normálních podmínkách teploty a tlaku (Hemerka, 2008).

3.1 Znečišťující látky

Znečišťující látka je jakákoliv látka vnesená do vnějšího ovzduší nebo v něm druhotně vznikající. Tyto látky mohou působit přímo. Při chemické nebo fyzikální přeměně nebo po spolupůsobnosti s jinou škodlivou látkou mohou mít vliv na zdraví lidí, zvířat, na životní prostředí, na klimatický systém Země nebo na hmotný majetek (Hemerka, 2008).

Mezi znečišťující látky patří především oxidy síry, oxidy dusíku, PM_x , oxid uhelnatý, přízemní ozon, těkavé organické látky, polycyklické aromatické uhlovodíky, benzen a těžké kovy (Bartusek, 2008).

Na rozptyl znečišťujících látek (ZL) v ovzduší má vliv celá řada činitelů: vydatnost zdroje ZL (M), výška zdroje (efektivní výška zdroje h), rychlost větru (u), vertikální teplotní gradient ovzduší (vtg) atd. Obecně platí pravidlo, že maximální přízemní

koncentrace ZL (k) je přímo úměrná vydatnosti zdroje, nepřímo úměrná efektivní výšce zdroje a rychlosti větru (Bartusek, 2008).

Velký vliv na rozptyl ZL v ovzduší má rozvrstvení teplot vzduchu po výšce. Toto teplotní rozvrstvení je charakterizováno vertikálním gradientem (vtg) na 100 m výšky a teplotou [°C], tedy matematickým vztahem: $vtg = -dT/dz$ (Bartusek, 2008).

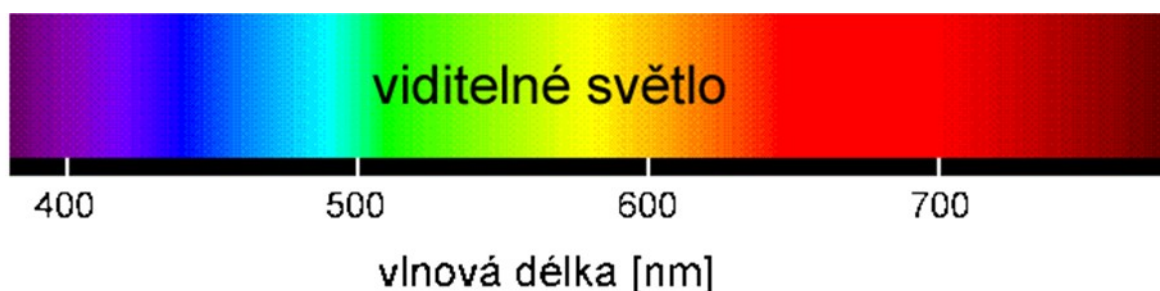
V přízemní vrstvě naší atmosféry teplota s výškou obvykle ubývá skoro rovnoměrně a střední hodnota činí cca 0,6 °C (od 0,5 do 0,7 °C) na 100 metrů nadmořské výšky. Mohou však nastat i případy opačné. Obecně rozeznáváme tři základní teplotní rozvrstvení: labilní (velký kladný gradient), indiferentní (nulový nebo velmi malý kladný gradient), inverzní (velký záporný gradient), (Bartusek, 2008).

3.2 CIE- Mezinárodní komise pro osvětlení

Mezinárodní komise pro osvětlení (International commission on illumination- CIE) je organizace, jejíž hlavním úkolem je mezinárodní spolupráce a výměna informací mezi jednotlivými členskými zeměmi v oblasti světelné techniky. Jejími členy jsou národní komitáty třicetidevíti zemí, jedna geografická oblast a jedenáct individuálních členů. Dalším úkolem CIE je vytvořit mezinárodní fórum v oblasti vědy, techniky a umění v oboru světla a osvětlení. Dalšími úkoly jsou výměna informací o tomto oboru, vytváření základy postupů a norem v oblasti světla a osvětlení, příprava a zveřejňování zpráv, norem a informací týkající se světla a osvětlení, zajišťování spolupráce s ostatními mezinárodními organizacemi (web.quick.cz, 2001).

3.3 Základní terminologie

Abychom se mohli lépe orientovat v oblasti světelné techniky, je nutné analyzovat základní terminologii v této oblasti.



Obrázek č. 1 Rozložení barev ve spektrální oblasti viditelného záření (czechsolar.cz, 1. 12. 2013)

Světlo nezpůsobuje jen zrakový vjem, ale také barevný počitek. **Chromaticita** je označení pro barevné vlastnosti primárních světelných zdrojů nebo jsou tyto zdroje popsány všeobecným indexem barevného podání. Záření každé vlnové délky viditelného světla podněcuje barevný počitek. Určitá spektrální barva odpovídá každému barevnému počitku, kterou popisujeme barevným tónem. Složení viditelného světla je znázorněno a popsáno v tab. 1 a na obr. č. 1 (Sokanský a kol., 2011).

Tabulka č. 1 Barevné tóny viditelného světla (Sokanský a kol., 2011)

Vlnová délka	Barevný tón spektrální barvy
380 ÷ 420	Fialová
420 ÷ 440	Modrofialová
440 ÷ 460	Modrá
460 ÷ 510	Modrozelená
510 ÷ 560	Zelená
560 ÷ 590	Žlutá
590 ÷ 650	Oranžová
650 ÷ 780	Červená

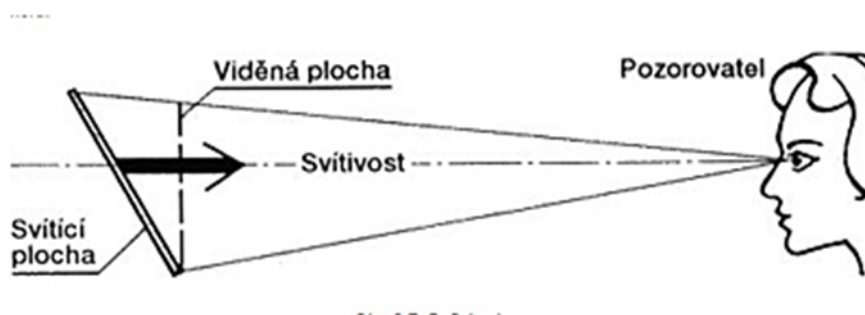
Světelný tok nám říká, kolik světelné energie vyzáří zdroj do svého okolí. Jednotkou je lumen (lm). Představuje zářivý tok, který je posuzován ze strany citlivosti lidského oka. Zářivý tok představuje velikost výkonu, které záření vysílá, přijímá nebo přenáší (Sokanský a kol., 2011).

Pro popis distribuce světelného záření do prostoru je zavedena světelně technická veličina **svítivost**. Udává, kolik světelného toku vyzáří zdroj v prostorovém úhlu

do určitého směru. Svítivost nese označení I a jednotkou je kandela (cd), která patří mezi základní fyzikální jednotky soustavy SI (Sokanský a kol., 2011).

Mezi další z odvozených fotometrických veličin patří **osvětlenost**, nebo také intenzita osvětlení. Udává nám hodnotu světelného toku dopadajícího na jednotkovou plochu (1m^2). Označujeme ji písmenem E a jednotkou je lux (lx), (Sokanský a kol., 2011).

Další fotometrická veličina je **jas**, který je definován jako měrná svítivost. Označuje se L a udává se v $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$. Je to veličina, na kterou oko přímo reaguje, přesněji řečeno lidské oko reaguje na kontrast jasu, což je znázorněné na obrázku č. 2 (Sokanský a kol., 2011).



Obrázek č. 2 definice jasu (elektrika.cz, 1. 12. 2013)

Jas je určen plošnou a prostorovou hustotou světelného toku, proto vždy záleží na poloze pozorovatele a na směru jeho pohledu. (Sokanský a kol., 2011)

Světlení nám definuje plošnou hustotu světelného toku jenž je vyzařován z plochy. Definuje tedy velikost světelného toku vycházejícího z této plochy. Jednotkou je lumen na metr čtvereční ($\text{lm}\cdot\text{m}^{-2}$) a označujeme ho písmenem M (Sokanský a kol., 2011.)

Pro výpočty ve světelné technice je důležitou veličinou **prostorový úhel**. Představuje část prostoru, který je vymezen kuželovou plochou. Na kouli o poloměru r se tedy vytvoří plocha A a vrchol tohoto kužele je ve středu koule (Sokanský a kol., 2011).

K posuzování viditelnosti předmětů je definován **kontrast jasu**, který je dán rozdílem jasu pozorovaného předmětu a jeho okolí (Sokanský a kol., 2011).

3.4 Definice světelné znečištění

Pojem světelné znečištění z anglického slova light pollution není striktně definován. Označujeme jím všechny negativní jevy, které s sebou přináší umělé osvětlení. Pojem rušivé světlo je alternativním pojmem, který je používán především v oblasti světelné techniky. Mezi hlavní účinky světelného znečištění patří pronikání světla do příbytků, oslnění, osvětlení míst, kde to není žádoucí a závojevý jas oblohy (populárně označovaný jako tzv. světelný smog). Negativní vlivy mohou být rozmanité. Jistým způsobem se týká všech obyvatel vyspělého světa, ačkoliv se nad tím někdy vůbec nepozastavíme. Světelné znečištění může představovat riziko ekologické, bezpečnostní a zdravotní. Ochuzuje nás o pohled na noční hvězdnou oblohu a leckdy nás zcela zbytečně stojí množství peněz a energie (svetelneznecistení.cz, 2013a).

Další formování světelného znečištění pojímá kniha Light pollution Handbook. Světelné znečištění je bráno jako jedno z forem nepříjemností. Je dobré tento pojem dobře zvážit. Tato nepříjemná skutečnost je popisována následovně „světelné znečištění způsobuje v noci jas oblohy, což negativně ovlivňuje to, že astronomické objekty nemohou být pozorovány” (Narisada, 2004).

Další označení světelného znečištění (dále jen SZ) definuje oxfordský slovník jazykových záležitostí jako „*brightening of the night sky caused by street lights and other man-made sources, which has a disruptive effect on natural cycles and inhibits the observation of stars and planets*” což v překladu znamená působením pouličního osvětlení a dalších umělých zdrojů dochází k tvorbě zjasnění noční oblohy, což má negativní dopad na přírodní cykly a znemožňuje pozorování hvězd a planet (oxforddictionaries.com, 2014). Světelným znečištěním se zabývá také astronomický ústav akademie věd České republiky, který ho definuje jako: „*důsledek nevhodného nakládání se světlem ruší přirozenou noční tmou a biorytmy všech živých organismů (včetně člověka), které tmou potřebují k efektivnímu spánku. Osvětluje oblohu na desítky kilometrů daleko a je tudíž svízelným problémem pro všechny profesionální i laické pozorovatele noční oblohy*” (asu.cas.cz, 2008).

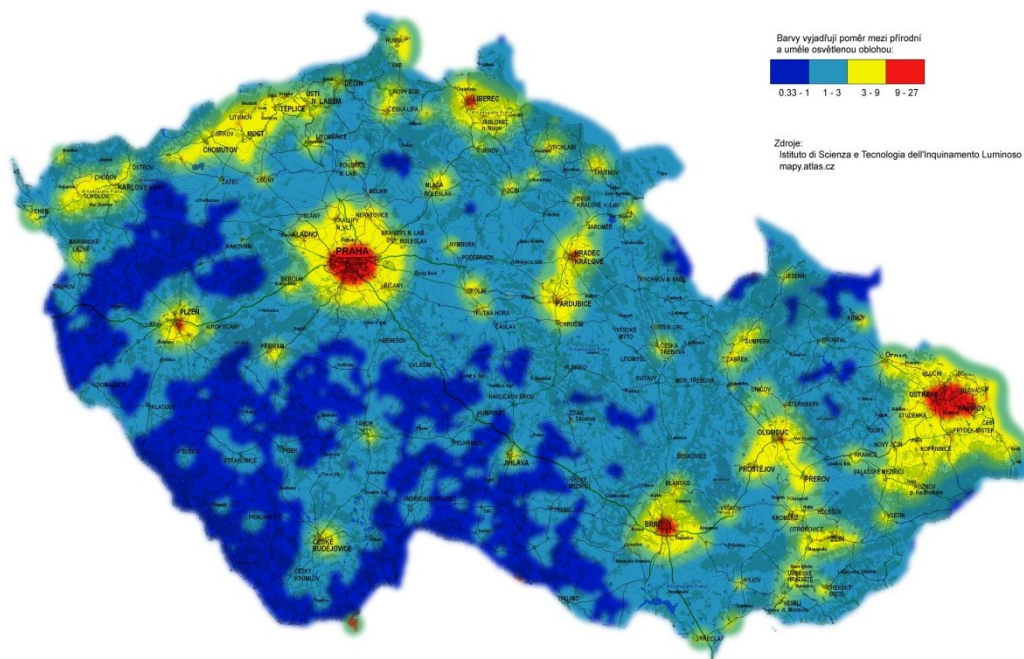
„Od poloviny 20. století rychle roste množství umělého venkovního osvětlení, které člověk v noci používá. Velká většina venkovního osvětlení avšak není správně navržena.

V důsledku toho značná část vyzařovaného světla uniká mimo oblast, která má být osvětlena. Toto unikající světlo se rozptyluje v atmosféře a způsobuje nárůst jasu noční oblohy (či vůbec nočního prostředí). V nejvíce urbanizovaných oblastech je jas noční oblohy tak velký, že jsou vidět jen ty nejjasnější hvězdy” (izera-darsky.eu, 2009).

Podle prvního světového atlasu umělého nočního jasu oblohy tvrdí, že asi dvě třetiny populace je předmětem světelného znečištění. Dále předpověděl, že jas oblohy se zvýší každý rok o 3 %, což představuje, že se za dobu 23 let zdvojnásobí (Smith, 2008).

3.5 Důsledky světelného znečištění

Problém světelného znečištění se neomezuje jen na nárůst jasu noční oblohy a z toho vyplývajících potíží při astronomických pozorováních, ale také na důsledky projevujících se v řadě oblastí života. Mapa světelného znečištění v ČR je zobrazena na obrázku č. 3, kde vidíme poměr mezi přírodně a uměle osvětlenou oblohou (izera-darsky.eu, 2009).



Obrázek č. 3 Mapa světelného znečištění v ČR (asu.cas.cz, 4. 3. 2014)

3.5.1 Bezpečnost a kriminalita

Jedním z hlavních důvodů používání umělého venkovního osvětlení je bezpečnost. Lidé musí vědět kudy jít nebo zdali před nimi není nějaká překážka. Dobře navržené osvětlení napomáhá motoristům vyrovnat jasové rozdíly, v bezpečnosti provozu, zlepšuje orientaci a odhaluje účastníky provozu a nejrůznější překážky. Ne vždy je světlo správně a rovnoměrně navrženo, což má vliv na náš zrak a jeho adaptaci. Při přechodu z osvětlené do tmavé oblasti může delší dobu trvat, než se přizpůsobíme nižší úrovni osvětlení, což může vyvolat riziko přehlédnutí. Dalším rizikem je oslnění. K oslnění dochází, pokud se díváme na silný zdroj světla, jehož jas je podstatně vyšší než okolní prostředí (svetelneznecisteni.cz, 2013a).

Všeobecně se předpokládá, že umělé venkovní osvětlení slouží v oblasti prevence a bezpečnosti z hlediska kriminality. Z pravidla většina lidí chce, aby se výskyt kriminality snížil. Téměř většina lidí si myslí, že početnější a jasnější osvětlení sníží kriminalitu, ale to zdaleka není taková pravda. Ve skutečnosti se souvislost osvětlení a kriminality projevuje pouze do takové míry, že lidé mají při snadném vidění a dostatku světla tendenci cítit se bezpečněji. Na skutečnou míru kriminality z mnoha nezávislých a spolehlivých studií vyplývá, že neexistuje žádný zřejmý vliv venkovního osvětlení. Bezpečnostní osvětlení jako mýtus tvořený výrobci, montéry, návrháři venkovního osvětlení, ale i elektrárenskými společnostmi zvyšují přesvědčení obyvatel o propojení osvětlení a kriminality. Mnohem těžší je spáchat trestný čin ve tmě než při osvětlení. Pro pachatele je mnohem příznivější se ukrýt ve tmě než na osvětleném místě. Jedním z důvodů více světla pro bezpečnost je stále větší využívání videokamer pro sledování, které mohou být účinnější. Závěrem lze říci, že kriminalita je spíše společenský problém než problémem osvětlení, protože osvětlení nesnižuje kriminalitu, ale pouze vytváří pocit bezpečí (svetelneznecisteni.cz, 2013a), (Clark, 2002).

3.5.2 Ekosystémy a organizmy

Různé chronické nebo periodicky zvýšené osvětlení např. budov můžeme řadit pod ekologické světelné znečištění. Na ekologii společenstev má závažný vliv působení uměle přidaného světla, které narušuje mezidruhovou interakci. Další jeho vliv se prokazuje na behaviorální a populační ekologii organismů na přírodních stanovištích. Tyto změny se

prokazují v orientaci, dezorientaci, odpuzování, při příjmu potravy, rozmnožování, migraci, komunikaci a celkovém chování jedinců. Někdy může zvýšené osvětlení prodloužit a zlepšit orientaci živočicha denního či soumrakového typu. Prospěšnost umělého osvětlení je pro některé druhy ptáků a plazů, kteří umí žít a využívají světlo pro lov, neprospívá však pro jejich kořist (Longcore, 2005).

3.5.3 Hmyz

Světlem je přitahováno velké množství létajícího hmyzu, který může být pro lidi obtížný. Tato skutečnost může mít i smrtelné následky pro hmyz při kontaktu s rozžhaveným svítidlem, v jiných případech krouží kolem světla až do úplného vyčerpání. Tak nedochází k páření, shánění potravy a migraci a to zapříčiňuje úbytek populace (Longcore, 2005), (svetelnezneciteni.cz, 2013a).

Můry a ostatní hmyz jsou lákány především modrou a UV složkou světla, které můžeme vidět, i z větší vzdálenosti. Bělavé světlo rtuťové výbojky hmyz přitahuje více než oranžové světlo výbojek sodíkových (astronomie.cz, 2010).

3.5.4 Obojživelníci a ptactvo

Velký dopad má světlo i na obojživelníky, kteří jsou důležitou složkou mnoha biotopů. Některé druhy žab a mloků jsou nočními tvory, přesto nadměrné osvětlení může narušit jejich životní prostředí. Narušuje jejich adaptaci na tmu a schopnost orientace. U obojživelníků může být pozměněno i reprodukční chování. Příkladem je samička žáby (*Physalaemus pustulosus*), která při své volbě samečka je méně vybíravá, když je hladina vody více osvětlena, jelikož se chce vyhnout predatornímu riziku (astronomie.cz, 2010), (svetelneznecisteneni.cz, 2013a).

Dezorientaci může postihnout i ptactvo, které podniká své dlouhé lety výhradně v noci (svetelneznecisteneni.cz, 2013a).

Obrovské počty umělých světelných bodů na zemi způsobují dezorientaci a to zejména při mlhavém nebo deštivém počasí. Časově je to především po půlnoci, kdy se začíná snižovat výška tahu, ptáci se začínají spouštět k zemi a hledají místa k dennímu odpočinku. Dezorientovaní ptáci tak narážejí na výškové stavby a na místech tahových

koncentrací jsou zjišťovány desítky až stovky mrtvých ptáků za jedinou noc. K nízko položeným intenzivním zdrojům světla se ptáci soustřeďují, poletují kolem nebo usedají přímo ke zdroji (Hollan, 2004).

V posledních letech bylo zjištěno, že samci kosa černého (*Turdus merula*) zpívají v silně osvětleném městě - Brně již od listopadu a také během nočních hodin, zatímco v lesní oblasti Bučín, včetně přiléhajících vesnic (Tetčice, Silůvky, bývalý okres Brno-venkov) zpívají kosi až od února a cirkadiánní doba zpěvu je více vymezena. Předpokládá se, že ovlivněn je i průběh rozmnožování tj. uspíšení hnízdění ve městě se všemi možnými důsledky pro populační dynamiku tohoto druhu (Hollan, 2004).

Světelné znečištění se však netýká jen migrujících druhů. Ptáci, kteří vlétnou do světelného kužele svítícího zespoda, jsou oslněni, zmateni a mají strach vyletět mimo něj do tmavého okolního prostředí. U ptáků je taky známo, že umělé noční osvětlení ovlivňuje výběr hnízdiště. Badatelé zaznamenali u ptáků, že si vybírají místa dál od světel (Longcore, 2005), (svetelneznecisteni.cz, 2013a).

Umělé osvětlení může ovlivnit zrakovou komunikaci uvnitř druhu a mezi nimi. Příkladem jsou samičky světlušek, které lákají své samečky až ze vzdálenosti 45 metrů pomocí záblesků, které přítomností umělého světla takový dosah snižuje (Longcore, 2005).

3.5.5 Rostliny

Ačkoliv intenzita umělého osvětlení v drtivé většině případů není zdaleka dostatečná ke spuštění fotosyntézy, v blízkosti zdrojů nočního osvětlení postačuje k tomu, aby narušila fotoperiodické procesy v rostlinách. Jasným důkazem může být přítomnost listů na větvích v blízkosti svítidel veřejného osvětlení ještě dlouho poté, co na zastíněných částech stromu už dávno opadalo. Prodlužování vegetační doby do období, kdy k tomu již nejsou vhodné podmínky, může být pro stromy škodlivé, neboť se zvyšuje riziko poškození olistěných částí mrazem či tíhou sněhové pokrývky. Umělé osvětlení může rovněž negativně ovlivňovat mechanismus otevírání a uzavírání průduchů na listech (svetelneznecisteni.cz, 2013a).

Pro normální růst a vývoj stromů závisí na kvalitě, vlnové délce, barvě a intenzitě světla po celou dobu dne. Nezáleží na zdroji, ale na jeho dispozici. Umělé osvětlení, které

vyzařuje v oblasti červeného a infračervené světla prodlužuje délku dne a podporuje pokračující růst v době, kdy to není pro stromy bezpečné - například s příchodem zimy (Raton, 2013a).

3.5.6 Biodiverzita

Pokud není s umělým osvětlením zacházeno ohleduplně a s rozvahou, tak může ovlivňovat život a narušovat periodické vzorce chování od úrovně jedinců po celé ekosystémy. Vychyluje přirozenou rovnováhu v potravních řetězcích a společně s dalšími antropogenními činiteli ohrožuje biodiverzitu v životním prostředí. Rok 2010 byl vyhlášen rokem Mezinárodní biodiverzity OSN. Pojem biodiverzita znamená druhovou rozmanitost, neboli různorodost všech žijících organismů obecně a i v rámci ekosystému. Již teď je zřejmé, že světelné znečištění má značný vliv na úbytek mnoha vzácných, ohrožených, ale i běžných druhů. Trvalé důsledky se projevují v běžných životních projevech včetně rozmnožování (astronomie.cz, 2010), (svetelneznecistení.cz, 2013a).

3.5.7 Lidské zdraví

Podobně, jako u zvířat, má světelné znečištění vliv také na lidi. Přílišné množství umělého světla v noci mění náš přirozený denní cyklus. Pojem cirkadiánní rytmus je zaveden podle střídání fyziologických pochodů v těle člověka s periodou zhruba jeden den. Mozek v tomto rytmu upravuje množství hormonů a funkci různých orgánů, aby člověk byl připraven k práci. Příkladem je večerní ospalost, která nás připravuje ke spánku. Z hormonů je to například stresový hormon kortizol nebo adrenalin. Jako značný důkaz rozladění cirkadiánního rytmu je cestování do jiných časových pásem nebo jen změna letního času na zimní a naopak. Jednoznačnou odpověď jaké hodnoty osvětlení způsobují rozladění rytmu, nemůžeme potvrdit. Záleží na intenzitě i na jeho barevném složení. Tuto problematiku stále řeší různé studie, a čím je novější, tím menší hladinu osvětlení prokazuje (Kondziolka, 2008), (izera-darsky.eu, 2009).

Můžeme tedy říct, že díky používání umělého osvětlení v naší industrializované společnosti změnilo celkový životní styl a i naše životní prostředí, což se nemůže projevit bez následků. Světlo nemůžeme považovat za negativní složku ŽP, avšak při jeho

nedostatku má negativní účinek. Pro správné fungování organismu je jeho nepřítomnost nutná (Drahoňovská, 2004).

Vliv světelného znečištění na zdraví se může projevovat jako častější bolesti hlavy, únava, stres, pocit neklidu, nespavost (izera-darsky.eu, 2009).

Klíčovou roli při synchronizaci našich vnitřních biologických hodin sehrává "spánkový" hormon melatonin. Podle jeho hladiny se odehrává vlastní chod cirkadiánních rytmů. (ian.cz, 2008). Pro jehož tvorbu je nezbytná úplná tma. I relativně malé množství světla dokáže tvorbu melatoninu snížit či dokonce zastavit. Melatonin má kromě řízení spánku patrně i další důležité úkoly, které jsou v posledních letech předmětem intenzivního výzkumu lékařů a vědců (svetelneznecisteni.cz, 2013a).

V roce 2003 byl proveden výzkum na téma zmapování problémů se spánkem agenturou Focus. Hlavní závěry výzkumu jsou, že více než třetina české populace má potíže se spánkem, nejčastěji u žen a se zvyšujícím věkem respondenta. Především problémy nespavosti jsou uváděny z psychických a zdravotních důvodů, 13% dotazovaných si stěžuje na nespavost z důvodu světla zvenčí. Skoro polovině dotazovaných vadí, že místo krajiny vidí jen spousty lamp a stěží vidí hvězdy (amperped.muni.cz, leden 2004).

Melatonin působí jako antioxidant, čímž zabraňuje poškození DNA a tak rakovinovému bujení, zpomaluje proces stárnutí a pomáhá proti Alzheimerově či Parkinsonově chorobě. Nová studie z Centra pro interdisciplinární Chrono-biologický výzkum na univerzitě v Haifě našla další spojitost mezi světlem, nocí a rakovinou. Tento výzkum se připojí k sérii z prvních studií provedených na univerzitě v Haifě. Tato studie profesora Abraham Haim prokázala, že lidé žijící v oblastech většího nočního osvětlení, jsou náchylnější k rakovině prostaty u mužů a karcinomu poprsí u žen. Současná studie, na které se také podílel Dr. Fuad Fares a Adina Yokler, Orna Harel a Hagia Schwimmer měla potvrdit či vyvrátit tuto hypotézu. Studie se prováděla na skupině čtyřech laboratorních myších. Výsledky ukazují na opět jasnou souvislost. Bylo dále zjištěno, že potlačení hormonu melatonin rozhodně ovlivní vývoj nádoru (Feldman, 2010), (svetelneznecisteni.cz, 2013a), (Kondziolka, 2008).

Doplňkovou roli může hrát osvětlení i na obezitu, protože dnešní situace je taková, že prožíváme celoroční léto díky délce trvání světla. Tím se celoročně chystáme na zimu

a tloustneme, avšak to nezpůsobí těžkou nadváhu. Předpokládá se i souvislost v oblasti se zvýšeným krevním tlakem. Studie jsou ale v počátcích a musí být provedeny ještě další studie s dlouhodobým vlivem (Kondziolka, 2008).

3.5.8 Ekonomické plýtvání

Ekonomická studie vlivu světelného znečištění je teprve v začátcích. Špatně konstruované osvětlení přispívá ke zvýšení emisí oxidu uhličitého a globálnímu oteplování (Galaway, 2010).

Z ekonomického hlediska špatné osvětlení značí plýtvání elektrickým proudem a tím také mrhání penězi (soukromými i veřejnými). Světlo, které nesvítí tam, kam je třeba, kdy je třeba a které je příliš jasné, je stejně tak užitečné jako teplo, které v zimě uniká z bytů netěsnými okny a které tak ohřívá venkovní vzduch. Když platíme za špatné či zbytečné osvětlení, přispíváme k dalšímu znečišťování atmosféry - elektrickou energii spotřebovanou na zbytečné osvětlení musí elektrárny vyrobit. To znamená větší emise znečišťujících látek, jelikož většina elektráren spaluje fosilní paliva (izera-darsky.eu, 2009).

Mnohem lepší varianta úsporného a bezpečného osvětlení je používat nízkotlakové sodíkové výbojky nebo výbojky se stínidlem. Nemalé finanční prostředky se dají ušetřit i při použití méně výkonných zdrojů při lepším směřování světla (www.4-construction.com, 2000).

Mezinárodní skupina Dark-Sky Association v Arizoně odhaduje, že jedna třetina osvětlení v Spojených státech Amerických je zbytečná. Odhadují celkový počet ročních nákladů ropy, která činí 30 milionů barelů a 8,2 milionů tun uhlí. Celkové náklady hovoří o 2 miliardách dolarů. Samozřejmě je to pouze odhad, ale v tomto případě bychom se měli častěji nad tímto problémem zamýšlet a vytvářet opatření (Raton, 2013b).

Mezinárodní skupina Dark-Sky Association je neziskovou organizací, která se snaží zachovat noční oblohu a řeší problematiku světelného znečištění. Dále se snaží zvýšit podvědomí o těchto nežádoucích účincích a jejich řešení a vzdělávat veřejnost o významu udržení přírodní noční oblohy. Spolupracují přímo s firmami na osvětlení, podílí se na průzkumu nových technických možností, které jsou energeticky úsporné (darsky.org, 2014).

Tato mezinárodní skupina se dále snaží poukázat na výjimečnost hvězdné oblohy a ochranu noční oblohy po celém světě ve třech typech oblastí. Mezi oblasti řadíme obce, parky a observatoře. Na základě přijímání žádostí od parků, obcí a observatoří, které se chtějí zapojit do těchto řad, zvyšují prestiž vizáže přírodního nočního stanoviště a snaží se zmírnit světelné znečištění (darsky.org, 2014 a), (darsky.org, 2014 b).

Podobnou skupinou je i britská astronomická asociace, která zastupuje zájmy astronomů, ale i normálních lidí, kteří ocení krásu noční oblohy. Hvězdnou oblohu, pokud ji lze vidět, považují za oblast výjimečné krásy a oblast zvláštního vědeckého výzkumu (britastro.org, 2014a).

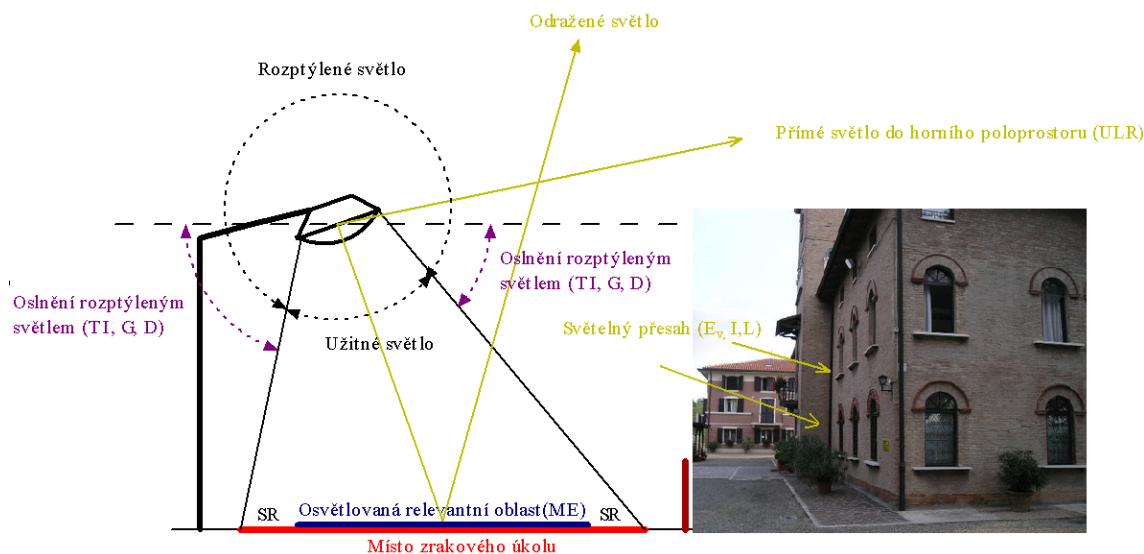
3.6 Rušivé světlo

Jak už jsem zmiňovala v předešlé kapitole světelného znečištění, je rušivé světlo alternativním pojmem, které je používáno především v oblasti světelné techniky (svetelneznečisteni.cz, 2013a).

Rušivé světlo je bráno jako nadměrně rozptýlené elektromagnetické záření ve viditelné oblasti produkované umělými světelnými zdroji. Šíří se ve venkovním prostoru v důsledku směru, množství, spektrálního složení. Jeho důsledkem je nepohoda, rušení nebo omezení viditelnosti a rozpoznávání základních zrakových informací (Sokanský, závěrečná zpráva, 2006).

Z hlediska důsledků rušivého světla můžeme jeho projevy rozdělit dle obr. č. 4, na:

- zvýšený jas oblohy,
- různé formy oslnivého světla,
- světelný přesah.



Obrázek č. 4 Rušivé světlo- světlo rozptýlené mimo oblast zrakového úkolu (Dostál, 30. 11. 2013)

3.6.1 Oslnivé světlo- oslnění

Jestliže je kontrast jasu či jas samostatný větší, než na jaký je zrakový orgán adaptován, může vzniknout nepříznivý stav zraku- oslnění. Špatně nasměrované nebo předimenzované svítidlo může být příčinou oslnění. Oslnění zhoršuje nebo dokonce znemožňuje vidění, ruší zrakovou pohodu, zvyšuje celkovou únavu, může být příčinou úrazu a v krajním případě může poškodit vážně zrakový orgán (Sokanský a kol., 2011).

3.6.2 Světelný přesah

Světelným přesahem se rozumí nežádoucí světlo distribuováno za své funkční hranice, tzn. do prostor jemu neurčených. Příkladem světelného přesahu je světlo ze svítidel veřejného osvětlení dopadající do příbytků nebo světlo osvětlující i sousední pozemky. Takový typ světla může narušovat soukromí obyvatel. Protože se svítí tam, kde se svítit nemusí a ani nemá, způsobuje světelný přesah energetické ztráty (Sokanský a kol., 2011).

3.6.3 Závojevá jas oblohy

Světelný tok vyzařovaný primárně ze zdrojů umělých světél (tzn. nejen svítidel venkovního osvětlení), ale i sekundárně odrazem od povrchů, na nichž dochází k odrazu světelného toku, je způsoben závojeový jas oblohy. Světelný tok se pak šíří atmosférou.

Prostupnost světelného záření atmosférou je ovlivněna chemickým složením atmosféry, jako je vodní pára, prachové částice a aerosoly tvořící bariéru prostupu. Každá taková mikročástice světelný tok částečně odrazí, pohltí a částečně projde jejím povrchem (Sokanský a kol., 2011).

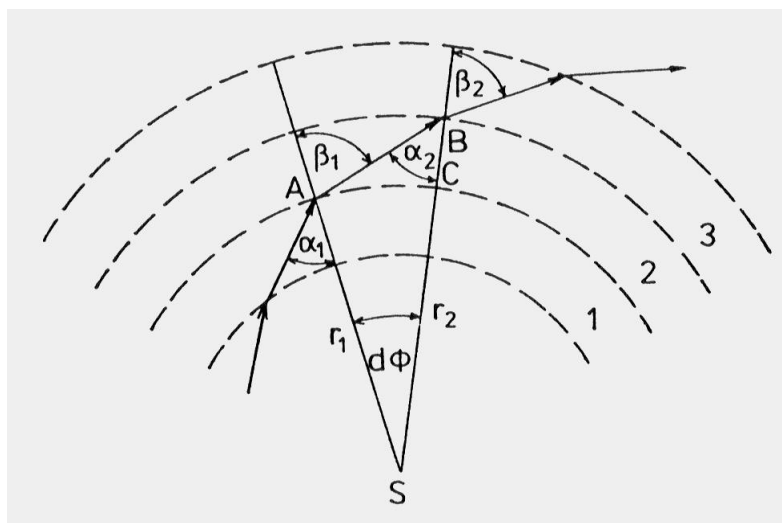
Důležitá je především odražená složka světelného toku. Vrací se směrem k pozorovateli nebo opět naráží na zmíněné bariéry a je opět rozptylována, pohlcována a propuštěna. Díky zvýšení jasu oblohy klesá kontrast mezi jasy objektů na obloze a jasem oblohy, což způsobuje zvýšení adaptační úrovně zrakového orgánu. Za touto interakcí stojí snížení pozorovatelnosti objektů, které jsou zájmem především astronomického pozorování. Význam závoje jasu oblohy se pak stává v astronomické praxi hlavním tématem rušivého světla (Sokanský a kol., 2011).

4. Změny v atmosféře mající vliv na světelné znečištění

Světelné znečištění způsobuje změnu přirozeného nočního světla produkovaného člověkem. Tato změna kvantifikuje světelné znečištění. Účinek světelného znečištění obvykle závisí na směru. Intenzita a množství světla je správný parametr, který hodnotí velikost umělého světla emitovaného zdrojem (Cinzano, 2014).

4.1 Trajektorie světelných paprsků v atmosféře

Šíření paprsků atmosférou není přímočaré, ale šíří se po zakřivených dráhách, důsledkem toho, že se index lomu vzduchu mění s výškou. Musíme vycházet z jednoduché představy, abychom popsali trajektorii světelných paprsků: Atmosféru si představíme zjednoduše tenkých sférických vrstev. Tři tenké vrstvy vidíme na schématickém obrázku č. 5, jako prostředí 1, 2, 3, jejichž přechod znázorňují čárkované části kružnic o středu v bodě S (střed Země). Každá z těchto vrstev má určitou charakteristickou hustotu, tudíž i index lomu, které se na rozhraní čárkované části mění skokem. Takže zakreslený paprsek není plynulá křivka, ale představuje lomenou čáru na jednotlivých rozhraních. Paprsek ve vrstvě 1 dopadá na rozhraní s vrstvou 2 pod úhlem dopadu α_1 , láme se do této vrstvy pod úhlem β_1 , dopadá na rozhraní s vrstvou 3 pod úhlem α_2 , láme se do ní pod úhlem β_2 , atd. (Hosnedl, 1999).



Obrázek č. 5 trajektorie světelného paprsku v atmosféře (www.kof.zcu.cz, 18. 2. 2014)

Přímé sluneční záření je v zemské atmosféře zeslabováno rozptylem a pohlcováno neboli absorbováno (Hosnedl, 1999).

4.2 Rozptyl

Rozptyl světla je jev, který je veden jako složitý proces, při kterém dopadající záření na částice je s různou intenzitou rozptylováno do různých směrů. Intenzita rozptýleného světla závisí na poměru vlnové délky záření a průměru částic, indexu lomu částic a úhlu pozorování (Dohányosová a kol., 2007).

Rozlišujeme tři základní typy rozptylu. Prvním typem je Rayleighův rozptyl. Lord Rayleigh objasnil, že rozptylující částice nejsou nevyhnutelné, protože i nejčistší látky mají drobné fluktuace neboli výkyvy indexu lomu, což může rozptylovat světlo (Chomoucká, 2008).

Dochází k němu především, když průměr molekul (většinou molekul plynu) je mnohokrát menší než vlnová délka dopadajícího světla. Jak už bylo řečeno anglický fyzik lord Rayleigh, který jej poprvé vysvětlil, je podle něj pojmenován. Veškerý rozptyl vzniká absorpcí neboli pohlcením záření a následným vyzářením atomy a molekulami. K excitaci je potřebná energie atomu, která spadá do intervalu krátkovlnného záření s vysokou frekvencí. Velikost neboli poměr rozptylu světla je nepřímo úměrná čtvrté odmocnině vlnové délky (Hais, 2009).

Za modrou barvu oblohy je zodpovědný Rayleighův rozptyl. Účinněji jsou rozptylovány intervaly krátkovlnného spektra (fialová, modrá barva) než větší vlnové délky v červené a oranžové části spektra. Při západu Slunce je za červenou barvu oblohy zodpovědný Rayleighův rozptyl. Paprsky při západu Slunce prochází delší dráhou atmosféry. Při znečištění atmosféry je krátkovlnné záření pohlceno a dochází k rozptylu záření ve vyšších vlnových délkách. Tento rozptyl se především vyskytuje ve vysokých nadmořských výškách, a je důvodem modré oblohy za jasného dne (Hais, 2009), (britastro.org, 2014).

Druhým typem je aerosolový rozptyl. K tomuto rozptylu dochází, pokud kulovité částice jsou o stejném průměru jako vlnová délka dopadajícího záření. Tento rozptyl se ve viditelném spektru uskutečňuje na kapičkách vodní páry, částicích prachu a jiných částicích o velikosti několika desetin až po jednotky mikrometrů. V tomto případě je intenzita rozptylu vyšší než v případě prvního typu rozptylu a jedná se také o větší vlnové délky (Hais, 2009).

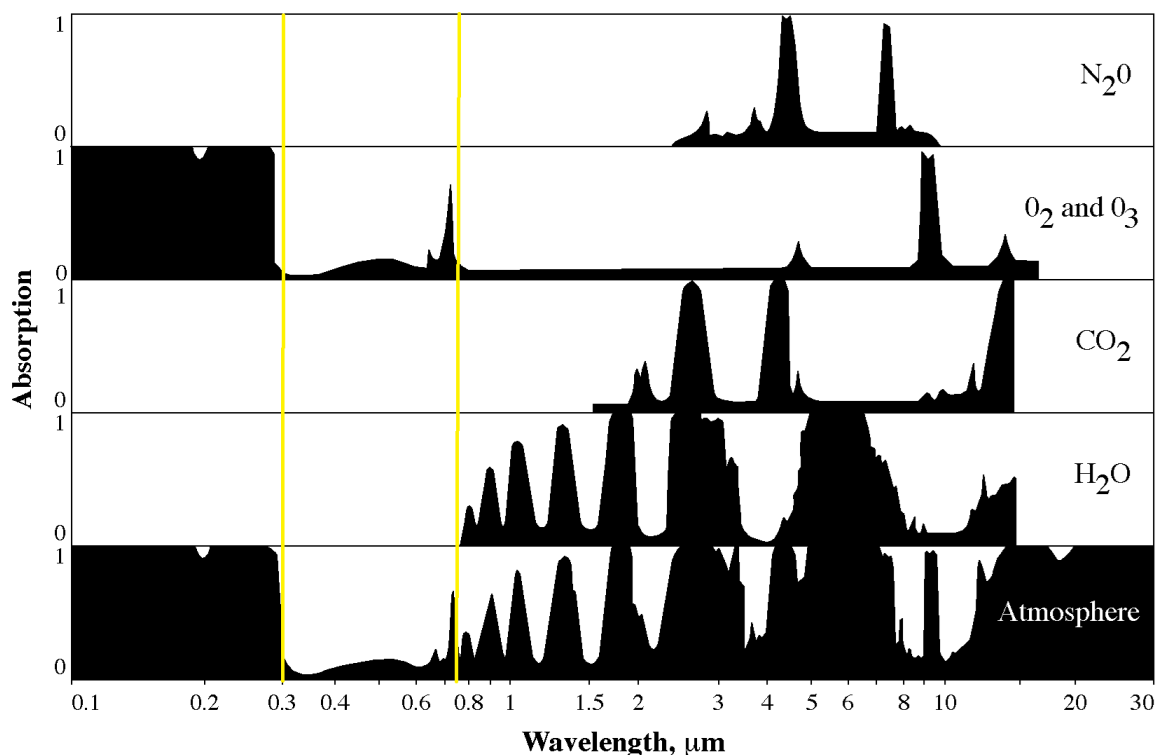
Třetím typem je neselektivní rozptyl, který nastává, když průměr částic v atmosféře je několikrát vyšší než dopadající záření. Při tomto rozptylu jsou stejně rozptylovány všechny vlnové délky. Uskutečňuje se na vodních kapkách tvořících oblačnost nebo mlhu. Konečná barva tohoto rozptylu je bílá (Hais, 2009).

4.3 Absorpce

Jedná se o proces, při kterém je energie pohlcována a přeměněna na jinou energii. Absorpční pás je interval vlnových délek, ve kterém je zářivá energie absorbována látkami jako voda (H_2O), oxid uhličitý (CO_2), kyslík (O_2), ozón (O_3), a oxid dusný (N_2O). Kumulativní účinek absorpce různých látek může způsobit nepropustnost pro záření v určitém intervalu elektromagnetického spektra. V určité části spektra jako je např. viditelné záření nedochází nebo jen nepatrně dochází k absorpci dopadající energie a ta pak může atmosférou procházet. Takové intervaly nazýváme “atmosférická okna” (Hais, 2009).

K absorpci dochází, když je absorbována energie stejné frekvence jako je rezonanční frekvence atomu či molekuly, která je uvádí do excitovaného neboli přeneseného stavu. V případě absorpce je dopadající energie transformována a vyzářena ve větších vlnových

délkách. Při kombinaci absorpce a rozptylu v médiu jako je např. vzduch hovoříme o extinkčním koeficientu, což je měřený parametr, který udává poměr množství světla rozptýleného a pohlceného částicemi k množství světla dopadajícího na částici. Absorpce dopadajícího slunečního záření hlavními atmosférickými plyny je zobrazen na obrázku č. 6 (Hais, 2009), (Dohányosová, 2007).



Obrázek č. 6 Absorpce dopadajícího slunečního záření hlavními atmosférickými plyny v intervalu 0.1 to 30 μm (kbe.prf.jcu.cz/, 26. 11. 2013)

4.4 Podmínky rozptylu škodlivin v atmosféře

Celá řada faktorů, především meteorologického charakteru, má vliv na řadu emitovaných škodlivin. Jde především o atmosférické proudění, přítomnost a stav vlhkosti a zejména teplotní zvrstvení atmosféry (vscht.cz, 2006).

Působením střídavého účinku absorpce a odrazu slunečního záření je zemský povrch a atmosféra v celkové termické rovnováze. Tímto je dána současná průměrná teplota zemského povrchu 15 $^{\circ}\text{C}$, zatímco ve výši 5 km se průměrná teplota pohybuje kolem 18 $^{\circ}\text{C}$. Výše položené vrstvy jsou chladnější než spodní vrstvy atmosféry, které jsou poměrně silně ohřívány, jejich hustota klesá, což vede ke vzniku vertikálního proudění.

V souvislosti na geografické poloze a tvaru zemského povrchu a následkem vytváření lokálních tlakových extrémů vznikají horizontální pohyby vzduchu v zemské atmosféře. Znečišťující látky vnášené do atmosféry jsou zřed'ovány a přemísťovány na základě těchto horizontálních a vertikálních pohybů. Vertikální přenos probíhá především na základě proudů, které jsou dány rozdíly v teplotě, vlhkosti vzduchu a s nimi souvisejícími rozdíly v hustotě. Tyto konvekční proudy končí proto ve vrstvách se stejnou hustotou, resp. teplotou (vscht.cz, 2006).

Vrstva, kde teplota s výškou stoupá, nazýváme inverzní vrstvy, které jsou velmi účinnou bariérou pro pohyb hmoty v atmosféře. Z toho může vycházet, že postupně ochlazované masy vzduchu v troposféře nemohou pronikat do teplejších vrstev nad tropopauzou (vrstvou atmosféry ve výši cca 10 kilometrů, kde existuje trvalá teplotní inverze), (vscht.cz, 2006).

Jestliže teplota vzduchu s výškou klesá rychleji, jedná se o nestabilní zvrstvení atmosféry, při kterém malý počáteční impuls vede k výrazným vertikálním pohybům a intenzivnímu promíchávání vzduchové hmoty. Tento stav je velmi příznivý pro rozptyl škodlivin (vscht.cz, 2006).

Naopak, když teplota s výškou stoupá, tak se toto nazývá stabilní zvrstvení nebo teplotní inverze a to je nepříznivé pro rozptyl. Může se i vyskytnout případ, kdy v atmosféře nad sebou se vyskytne několik vzájemně oddělených vrstev s odlišnou stabilitou (vscht.cz, 2006).

Velmi důležitá je výška dolní hranice výškových inverzí nad zemským povrchem. Z důvodu toho, že při výšce jen několik stovek metrů se emise jak z nízkých tak vysokých zdrojů koncentrují v této relativně tenké podinverzní vrstvě a vznikají kritické situace (vscht.cz, 2006).

Emise z nízkých zdrojů způsobují při jejím hromadění nízké přízemní inverze. Emise z vysokých zdrojů, pokud jejich kouřová vlečka proráží do prostoru nad inverzí, se naopak nemají možnost dostat dolů. V případě horizontálního proudění dochází k jejich dálkovému přenosu (vscht.cz, 2006).

Při dlouhotrvajících přízemních inverzích dochází k postupnému narůstání koncentrace škodlivin a následnému vzniku až smogových situací (vscht.cz, 2006).

Během svého setrvání v atmosféře podléhá většina škodlivin chemickým změnám. Výsledkem tohoto vzájemného působení je ozón, minerální a karboxylové kyseliny, které ve formě vodných roztoků dopadají na zemský povrch. Látky, které se odbourávají pomalu, se rozptýlí v celém objemu troposféry a mohou částečně pronikat až do stratosféry (vscht.cz, 2006).

4.5 Základy chemie atmosféry

Metoda působení, škodlivost a doba setrvání škodlivin má vliv především na jejich chemické změny. *„Tyto chemické přeměny můžeme rozdělit na reakce homogenní, které probíhající výhradně v plynné fázi a heterogenní, probíhající na povrchu tuhých částic nebo v kapalně fázi v kapičkách vody”* (vscht.cz, 2006).

Vše se odehrává v troposféře, která je asi 10 kilometrů silnou vrstvou zemské atmosféry. Tato sféra je od vyšších vrstev oddělena teplotní inverzí v tropopauze. Nad tropopausou se ve stratosféře nachází ozónová vrstva. Ozonová vrstva působí jako filtr krátkovlnného záření. V troposféře, která je Sluncem současně vyhřívána a ozářena zářením o vlnových délkách nad 300 nm, jsou vytvořeny základní podmínky pro průběh fotochemických reakcí, které jsou díky vysokému obsahu kyslíku v atmosféře převážně reakcemi oxidačními (vscht.cz, 2006).

Atmosférické zakalení a znečištění aerosolu je úzce spjato se světelným znečištěním. Aerosoly jsou všudypřítomné v atmosféře, avšak jejich účinky jsou na světelné znečištění stále velmi nejisté z hlediska interakcí s elektromagnetickým zářením a kvantifikace zatížení a jeho variabilita (Kocifaj, 2009).

5. Rozbor environmentálních zón z hlediska světelného znečištění

5.1 Legislativa v České republice

Co se týká České republiky, patří mezi první země, které řešily problematiku světelného znečištění. Nicméně se nestala průkopníkem v této rámcové oblasti ochrany. Mezi vzory v této oblasti můžeme zařadit Itálii či Slovinsko (Starý, 2013).

Světelné znečištění se poprvé objevuje v české legislativě v roce 2002 a to v původním zákoně č. 86/2002 sb. ve znění pozdějších předpisů o ochraně ovzduší, kde předmětem úpravy je snižování světelného znečištění ovzduší. Světelné znečištění definuje jako *” každou formu osvětlení umělým světlem, které je rozptýleno mimo oblast, do kteréž je určeno, zejména pak mířili nad hladinu obzoru „*. Dále jsou v něm uvedeny povinnosti jak pro fyzickou tak i právnickou osobu v oblastech, které jsou uvedeny v prováděcím předpisu, tudíž řídit se nařízením orgánu obce a předcházet vzniku světelného znečištění (Starý, 2013).

V roce 2005 byl vytvořen předpis, který novelizoval zákon č. 86/2002 sb. ve znění pozdějších předpisů a byla upravena definice světelného znečištění. *„Světelným znečištěním se pro účely tohoto zákona v oblasti ochrany ovzduší rozumí viditelné záření umělých zdrojů světla, které může obtěžovat osoby nebo zvířata, způsobovat jim zdravotní újmu nebo narušovat některé činnosti a vychází z umístění těchto zdrojů ve vnějším ovzduší nebo ze zdrojů světla, jejichž záření je do vnějšího ovzduší účelově nasměřováno“*. Součástí bylo doplnění samostatného působení obcí s obecně závaznou vyhláškou, která uvádí, že *„obec může závaznou vyhláškou v oblasti opatření proti světelnému znečištění regulovat promítání světelných reklam a efektů na oblohu“* (Sokanský, závěrečná zpráva, 2006).

Avšak předpisy novelizující zákon č. 86/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů o ochraně ovzduší, které bojovaly proti světelnému znečištění, vedly k jeho postupnému ústupu a účinnosti v této oblasti. Nový zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. již ruší předešlý zákon č. 86/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů. V jeho novém znění již není problematika světelného znečištění a rušivého světla zmíněna (Starý, 2013).

Dále zmínka, která řeší obtěžování světlem a jeho minimalizace při navržení stavby, je uvedena ve stavebním zákoně. Ve stavebním povolení by mělo být řešeno případné narušení. *Konkrétně se jedná o vyhlášku č. 268/2009 Sb., ve znění pozdějších předpisů o technických požadavcích na stavby, které upravují podrobněji všeobecné požadavky pro ochranu zdraví, zdravých životních podmínek a životního prostředí. Každá stavba musí být podle této vyhlášky navržena a provedena tak, aby neohrožovala: život a zdraví osob nebo zvířat, bezpečnost, zdravé životní podmínky jejích uživatelů ani uživatelů okolních staveb, životní prostředí nad stanovené limity.* Taková situace může nastat v případě špatně technicky navrženého osvětlení. Dále můžu uvést vyhlášku č. 501/2006 Sb., ve znění pozdějších předpisů, o obecných požadavcích na využívání území, která se zabývá reklamními poutači a stavbou pro reklamu. Zde je kladen důraz na to, aby byly dodrženy limity hluku, světla a nedocházelo k obtěžování okolí (Kondziolka, 25. 7. 2012).

V případě, že nás obtěžuje světlo ze světelné reklamy, musíme se obrátit na obec. Tato má obecně závaznou vyhlášku s uvedenými podmínkami, které mají být dodrženy. Zmíněné právní předpisy, jak zákon o ovzduší, tak stavební zákon neobsahují sankce za provozování světelné reklamy, nebo jiných zdrojů rušivého světla (Pavlovská, 2010).

5.2 Legislativa ve světě

Na **Slovensku** problematiku rušivého světla vymezuje vyhláška č. 539/ 2007 ve znění pozdějších předpisů o podrobnostech limitních hodnot optického záření a dále definuje rušivé světlo jako zdroj umělého světla ve venkovním prostředí, které při dopadu do obytné místnosti subjektivně obtěžuje uživatele (zbierka.sk, 2014).

Dalším klíčovým nařízením je zákon č. 355/ 2007 ve znění pozdějších předpisů O ochraně, podpoře a rozvoji veřejného zdraví, který především řeší ochranu zdraví před působením umělého světla a stanovuje limity rušivého světla. Okrajově se dotýká této problematiky i zákon č. 543/ 002 ve znění pozdějších předpisů O ochraně přírody a krajiny, která řeší omezení svícení v oblastech s různým stupněm ochrany. Dále můžeme zmínit stavební zákon a jeho vymezení technických parametrů na stavby a reklamní poutače a billboardy (Starý, 2013).

Slovinsko v oblasti světelného znečištění patří mezi průkopníky a to díky přijetí zákona v roce 2007 „Nařízení o mezních hodnotách pro světelné znečištění“ čímž se snaží regulovat svícení, osvětlování a resp. světelné znečištění. Hlavním obecně platným stanoviskem je, že svítidlo smí vyzařovat nad úroveň horizontu absolutní nulu. Dále stanovují limit spotřeby elektrické energie v obci podle počtu obyvatel na veřejném osvětlení. Dále také u silnic a dálnic. Cílem je snížit spotřebu energie a dojít k šetrnému svícení, aby si každý rozmyslel, kdy svítit a kdy to není potřeba. Dále stanovují limity osvětlení dopadající do oken z hlediska ochrany člověka. Dále pak z hlediska ochrany přírody je zákaz osvětlování budov, ve které se vyskytují chráněné druhy (Kondziolka, 2010).

Cílových hodnot pro osvětlení komunikací a veřejných ploch se snaží dosáhnout snížením hladin osvětlení v noci a nahrazováním osvětlení, které jsou staré příliš silné a svítí nad obzorem (darkskiesawareness.org, 2009).

Itálie jako jedna z prvních zemí řešila problematiku světelného znečištění na úrovni regionálních zákonů, kdy k roku 2007 byl tento zákon prosazen ve 2/3 italských regionů. Zákon „Regione Veneto“ je považován za první zákon proti světelnému znečištění nuceného v Itálii z roku 1997, avšak nejznámějším je Lombardský zákon z roku 2000, který byl v roce 2004 upraven a aktualizován přílohou zákona o ovzduší a prevenci světelného znečištění (Cinzano, 2006).

Účelem tohoto zákona je snížení světelného znečištění a spotřeby energie z něj odvozené na území regionů, ochrana vědeckého výzkumu a popularizace vědeckých observatoří regionálního či provinčního významu, jakož i udržování ekologické rovnováhy jak uvnitř tak i vně chráněných území přírody (Hollan, 2001).

Úkolem provincií je kontrola nad správným rozumným užitím energie. Starají se o sepsání seznamu obcí, na nichž se nachází observatoř a je jí potřeba chránit. Plán osvětlení v souladu se zákonem doplněný o všechny podklady související s osvětlením se používají k provádění kontrol a uskutečnění správních sankcí atd. (Hollan, 2001).

Ve **Francii** nabyt v platnosti 1. července roku 2013 zákon, který se netýká pouličního veřejného osvětlení, ale obchodů, úřadů a nebytových objektů. Ministerstvo ekologie, udržitelného rozvoje a energetiky, které nové nařízení připravilo, chce, aby se ušetřilo na energii a snížilo tzv. světelné znečištění. Nařízení přesně udává, že: „veškerá

venkovní osvětlení úřadů a obchodů včetně výloh se budou muset vypnout nejpozději hodinu po půlnoci. Úprava také říká, že znovu rozsvítit vnější osvětlení budou obchody moci od sedmi hodin ráno nebo nejdříve hodinu před otevřením. Stejně tak osvětlení fasád nebude moci být v provozu dříve než po západu slunce. Ministerstvo životního prostředí ČR však nic podobného v plánu nemá, nechtějí lidem nakazovat, jak a kde mají svítit, co a jak mají dělat” (ekolist.cz, 2013).

Další zemí, která má zájem o snížení světelného znečištění je **Španělsko**. Ve Španělsku byl v roce 1988 vládou vyhlášen zákon o ochraně astronomické kvality a observatoří. V roce 1992 byl novelizován a zabývá se čtyřmi hlavními body: světelné znečištění, regulace osvětlení na ostrově La Palma a oblast Tenerife, regulace leteckého provozu nad observatoří a řídí činnosti, které by mohli způsobovat znečištění ovzduší a poškodit atmosféru nad observatoří (iac.es, 2013), (lightpollution.it, 2000).

5.3 Normativní požadavky na rušivé světlo

Na zlepšení nočního prostředí a mezních hodnot rušivého světla pro ochranu jsou uvedeny v normě ČSN EN 12464-2 a ČSN EN 12193. *Limity rušivého světla jsou rozděleny na limity rušivého světla ve venkovních osvětlovacích soustavách k minimalizaci problémů pro osoby, floru a faunu v tabulce 2 a limity rušivého světla pro uživatele cest.* Podle normy ČSN 12464-2 můžeme rušivé světlo v závislosti na velikosti aglomerace a atmosférických podmínkách zařadit do několika skupin a lze je rozdělit podle maxima rušivého světla ve venkovních osvětlovacích soustavách, jak je uvedeno v tabulce č. 2:

E1 představuje skutečně tmavé prostory jako národní parky a chráněná území,

E2 představuje oblasti s velmi malým jasnem jako průmyslové a obytné venkovské zóny,

E3 představuje středně světlé oblasti jako průmyslové a obytná předměstí,

E4 představuje velmi světlé oblasti jako městská centra a obchodní zóny.

Vedle sebe se mohou vyskytovat různé zóny v případě zkoumání ve větších oblastech. Environmentální zóny by neměly přecházet víc jak o jeden stupeň. Hranice mezi zónami nejsou postupné nýbrž skokové (Sokanský a kol., 2011)

Tabulka č. 2 Přípustné maximum rušivého světla ve venkovních osvětlovacích soustavách (Sokanský a kol., 2011)

Zóna Prostředí	Osvětlenost na objektech (lx)		Svítivost svítidla (cd)		Podíl horního toku (%)	Průměrný jas (cd.m^{-2})	
	mimo noční klid	v době nočního klidu	mimo noční klid	v době nočního klidu		fasád budov	Informačních a reklamních znaků
E1	2	0	2500	0	0	0	50
E2	5	1	7500	500	5	5	400
E3	10	2	10 000	1000	15	10	800
E4	25	5	25 000	2500	25	25	1000

5.4 Environmentální zóny

Směrnice pro minimalizaci jasu oblohy CIE 126-1997, která je technickou zprávou zabývající se teoretickými aspekty jasu oblohy. Dále jsou v ní obsaženy všeobecné zásady pro omezení velikosti tohoto jasu. Směrnici vytvořila Mezinárodní komise pro osvětlení za spolupráce s Mezinárodní astronomickou unií a spoluúčast měla i Mezinárodní společnost pro temné nebe. Dále směrnice uvádí limitní hodnoty podílu světelného toku svítidel do horního poloprostoru pro jednotlivé kategorie zón prostředí z hlediska potřeb astronomických pozorování. Podíly světelného toku svítidel zóny E1-E4 jsou uvedeny v tabulce č. 3, kde mezní hodnoty platí pro každé jednotlivé svítidlo v zóně (Sokanský a kol., 2011).

Tabulka č. 3 Největší povolený podíl světelného toku svítidel vyzařovaného do horního poloprostoru (Sokanský a kol., 2011)

Zóna	Podíl světelného toku svítidel do horního poloprostoru (%)
E1	0
E2	≤ 5
E3	≤ 15
E4	≤ 25

V souvislosti s astronomickým rozdělením environmentálních zón existuje vymezení vzdálenosti hranic jednotlivých pásem od těchto objektů, jak je uvedeno v tabulce č. 4 (Maixner, 2010).

Tabulka č. 4 Minimální délky mezi zónami vztažené k referenčnímu bodu v zóně (Maixner, 2010)

Hranice zón	Minimální délka hranice (km)
E1-E2	1
E2-E3	10
E3-E4	100

Environmentální zóny můžeme hodnotit i z hlediska jasů oblasti a okrajových podmínek charakteristické pro jednotlivé zóny, které jsou uvedeny v tabulce č. 5

Tabulka č. 5 zařazení zón dle jasů oblasti a okrajových podmínek prostředí (Novák, 2013)

zóna	Jas oblohy	Okrajové podmínky
E1	tmavé oblasti	národní parky a 1 km od jejich hranic chráněné krajinné oblasti včetně 1km okolí významné observatoře včetně 1km okolí
E2	nízký jas oblastí	nejméně 10 km od hranice zóny E1 zastavěná plocha vesnic a okolních 1km observatoře menšího významu, včetně 1km okolí
E3	střední jas oblastí	vnější zastavěné plochy v případě měst a jejich okolí 1 km
E4	vysoký jas oblastí	městské centra - zóna je nejméně 1 km v průměru

5.5 Zdroje rušivého světla

Svítidla a světlomety v osvětlovacích soustavách jsou zdrojem světelného rušení, které se používají pro:

5.5.1 Osvětlení pozemních komunikací

„Osvětlení pozemních komunikací zahrnuje osvětlení v městských aglomeracích (ulice, chodníky, cyklistické stezky, přechody pro chodce), osvětlení důležitých dopravních uzlů, dálkových komunikací, osvětlení dopravních terminálů (autobusových i vlakových nádraží, překladiště, přístavy apod.), osvětlení tunelů a podjezdů. Je zřejmě nejpočetnější formou venkovního osvětlení a má tudíž velký podíl na vzniku rušivého světla.” Příklad osvětlení chodníku v dětském parku v Havířově je na obrázku č. 7 (Sokanský, závěrečná zpráva, 2006).

Od 19. století došlo k vývoji pouličního osvětlení především ve zvýšení intenzity vyzařovaného světla, nikoli však v hustotě svítidel. Ve většině měst a obcí se setkáváme stále se zastaralým způsobem osvětlení v podobě starých vysokotlakových výbojek s vysokou spotřebou elektrické energie a poměrem výkonu, protože vše se odvíjí od dostupných finančních prostředků. Jelikož se problematika světelného znečištění dostává do podvědomí postupně, je instalování nových svítidel bráno za drahé a zbytečné. Kromě použití špatných svítidel je důležité jejich nasměrování. Většina lamp ozařuje mnohem větší plochu než by měla. Následkem toho je významné znehodnocení nočního prostředí. Pro pocit bezpečnosti chodců je veřejné osvětlení instalováno v parcích. Často tak dochází k tomu, že místo komunikace jsou nasvětleny stromy, což narušuje noční život a samostatně působí i na strom (Starý, 2013).



Obrázek č. 7 osvětlení dětského parku na ulici Beethovenova/Fibichova Havířov (Polaková, 17. 3. 2014)

5.5.2 Architektonické osvětlení

„Osvětlení významných památek a budov, různých monumentů a osvětlení parků a zahrad. V této oblasti se často používají svítidla svítící do horního poloprostoru, která mají významný podíl na závojevém jasu oblohy” (Sokanský, závěrečná zpráva, 2006).

Stále více jsou v historických místech obcí, nebo i na soukromých pozemcích nesvětlovány památky, fasády budov. Jsou nesvětlovány zespoda, takže lze snadno pozorovat světlo přesahující obrysy a mířící do oblohy. Ukázka architektonického osvětlení je zobrazena na obrázku č. 8 (Hollan, 2004).



Obrázek č. 8 Architektonické osvětlení Kulturního domu Radost Havířov (Polaková, 17. 3. 2014)

5.5.3 Osvětlení venkovních pracovišť

„Jedná se o osvětlení velkých výrobních závodů a průmyslových zón.“ Příklad osvětlení venkovního pracoviště je na obrázku č. 9 (Sokanský, Závěrečná zpráva, 2006).

Venkovní areály ale i průmyslové zóny, vzhledem ke své velikosti, množství budov a komunikací, jsou z bezpečnostního důvodu v noci osvětlována co možná nejvýkonnějším zdrojem i co se týče velikosti záběru. V naprosté většině svítidla svítí tam, kam nemají, takže svítí do horního poloprostoru, oslňují již z dálky a ani ostraha hlídající objekt v protisvětle dobře nevidí (Hollan, 2004).



Obrázek č. 9 Průmyslová zóna překladiště kontejnerů Havířov-Šumbark (Polaková, 12. 3. 2014)

5.5.4 Osvětlení venkovních sportovišť

Je specifické použitím svítidel s výkonnými zdroji světla pro dostatečné osvětlení velkých ploch a prostor (Sokanský, závěrečná zpráva, 2006).

Osvětlení sportovišť je používáno nejen kvůli samostatnému sportu, ale i kvůli snímání televizních kamer. I když se jedná o přechodné osvětlení, řadí se mezi významný zdroj světelného znečištění s vysokou intenzitou. Řada sportovišť se snaží reflektory směřovat, ale většina z nich stále svítí pod velkými úhly a do všech směrů. Náprava je možná pouze v případě, když by osvětlení svítilo pouze po dobu sportu, bylo by omezeno svícení vzhůru nebo pomocí krytů (Hollan, 2004).

5.5.5 Reklamní osvětlení

Jedná se o osvětlení billboardů, reklamních ploch, směrových ukazatelů obchodních center, osvětlení čerpacích stanic apod. Hlavním problémem bývá nepřiměřeně vysoká hladina osvětlenosti těchto ploch (Sokanský, závěrečná zpráva, 2006). Ukázku reklamního osvětlení a osvětlení čerpací stanice je zobrazeno na obrázku č. 10 a 11.

Osvětlení billboardů je poměrně zásadní zdroj světelného znečištění. Velký počet těchto ploch je nasvětlován zdola, což je pozorovatelné vytvořením vějíře přesahující osvětlovanou plochu. Nápravou je osvětlování shora, což z technického hlediska je možné a již se s takovým případem můžeme setkat (Hollan, 2004).



Obrázek č. 10 reklamní osvětlení obchodního domu Elán Havířov (Polaková, 17. 2. 2014)



Obrázek č. 11 reklamní osvětlení čerpací stanice Benzina Havířov (Polaková, 17. 2. 2014)

5.5.6 Osvětlení letišť

Je záměrně uvedeno odděleně od pozemních komunikací, neboť jsou zde z důvodů bezpečnosti letového provozu kladeny zvýšené nároky na omezování rušivého světla a to zejména oslnění. Od osvětlení pozemních komunikací se také liší tím, že svítidla mohou být přímo určena ke svícení do horního poloprostoru (Sokanský, závěrečná zpráva, 2006).

Na letištích se můžeme setkat s mnoha kombinacemi osvětlovací techniky, kdy především musí být kvalitně osvětleny přistávací dráhy, které nemusí být z pohledu země patrné. Oproti tomu je vysoce patrné osvětlení hal, hangárů a přilehlých parkovišť a to díky vysoké frekvencovanosti a vzhledem k perifernosti letišť září do širokého okolí (Starý, 2013).

5.5.7 Osvětlení z oken domácností, veřejných budov a nových prosklených budov

Okna domácností jsou v porovnání s pouličním osvětlením zdrojem méně významným a individuálně lze tomu zabránit roletami nebo závěsem. Problémem jsou spíše komerční budovy s velkými reklamními nebo prodejními prostory, kdy světlo z těchto budov vyzařuje v noci do všech stran. Příklad nové veřejné budovy je na obrázku č. 12 (Hollan, 2004).



Obrázek č. 12 Nová prosklená budova na náměstí Republiky Havířov (Polaková, 13. 3. 2014)

5.6 Možná řešení pro zlepšení a omezení současného stavu

Je možné světelné znečištění omezit? Tuto otázku je důležité si položit. Na rozdíl od jiných způsobů, které je způsobené lidskou činností a působí na životní prostředí, je možné nežádoucí účinky umělého osvětlení omezit. Způsobem jakým lze dospět k lepším výsledkům shrnuje následující zásada: „*Sviťme jen tehdy, kdy je potřeba, pouze tolik, kolik je potřeba a jen tam, kam je potřeba. Sviťme na zem, ne do nebe a ostatním do očí*” (svetelneznecistení.cz, 2013b).

Obečně platí, že pro předcházení znečištění je důležitá volba svítidla pro daný účel. Nevhodně zvolené osvětlení vede vždy k špatnému osvětlení, vysokým provozním nákladům a nakonec i světelnému znečištění. Důležité je, kam a jak svítidlo svítí, ale i jeho vizuální charakter. Často některá svítidla postrádají optiku (jako typ koule nebo lucerny) a pak se vyznačují velmi špatným směřováním světla (svetelneznecistení.cz, 2013b).

Ideální svítidlo pro většinové použití má mít zdroj umístěný hluboko v krytu a na konci je opatřeno vodorovným krytem. Vhodná svítidla jsou zároveň vodotěsné a prachotěsné. Na obrázcích č. 13 jsou názorně zobrazeny typy osvětlení dle druhu svítidla (Starý, 2013).





Obrázek č. 13 Kvalita svítidla podle směru záření (video dny bez nocí, 11. 2. 2014)

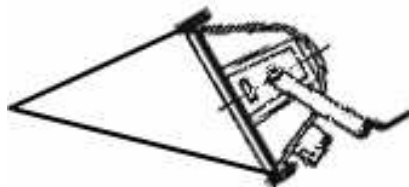
Další doporučením, je naistalování svítidla tak, aby svítilo ve svislých nebo vodorovných plochách. Mají být nasměrována přímo dolů, nebo alespoň směřována přímo na osvětlovaný objekt. Pokud to z technického hlediska není možné a musíme použít svítidlo nasměrované vzhůru, pak musíme využít clon, které omezují neefektivní distribuovanou složku světla (Sokanský a kol., 2011).

Pozdě v noci není zapotřebí svítit, jelikož je většina lidí doma a spí. Regulovat lze i veřejné osvětlení podle hustoty dopravy, tím lze i významně ušetřit. Světelné reklamy a osvětlení rozsáhlých parkovišť supermarketů mohou být po zavírací době vypnuty. V domovním osvětlení můžeme využít pohyblivá čidla (svetelneznecistení.cz, 2013b).

Z hlediska eliminace složky světelného toku distribuovanou přímo do horního poloprostoru je doporučeno využívat technická zařízení, která toto zabezpečují. Např. u běžného parkového svítidla typu koule dochází k vyzařování do horního poloprostoru 60 % světelného toku a způsobuje oslnění. Proti oslnění může být svítidlo vybaveno prstencovou clonou, která je vyrobena z čistého leštěného hliníku. Další variantou pro omezení distribuce světelného toku do horního poloprostoru slouží vrchlík svítidla. Je možné vybavit svítidlo clonou, která omezí světelný přesah a zamezí v šíření světla v nežádoucím směru (Sokanský a kol., 2011).

Nasměrováním svítidla tak, aby hlavní paprsek žádného ze svítidel neměl elevační úhel větší než 70° , způsobí omezení oslnění na kteréhokoliv potenciálního pozorovatele, jak je vidět na obr. Čím vyšší je montážní výška, tím menší je postačující elevační úhel. Vhodným nasměrováním svítidla zamezíme i světelnému přesahu (Sokanský a kol., 2011).

Světlomet s asymetrickými výstupními paprsky, který je zobrazen na obrázku č. 14, používáme přednostně. U tohoto druhu svítidla je možno udržet polohu krycího čelního skla rovnoběžně s osvětlovanou plochou (Sokanský a kol., 2011).



Obrázek č. 14 Světlomet se speciálním směrovačem světelného toku (Sokanský, závěrečná zpráva 2006)

6. Návrh zatřídění města Havířova do environmentálních zón z pohledu světelného znečištění

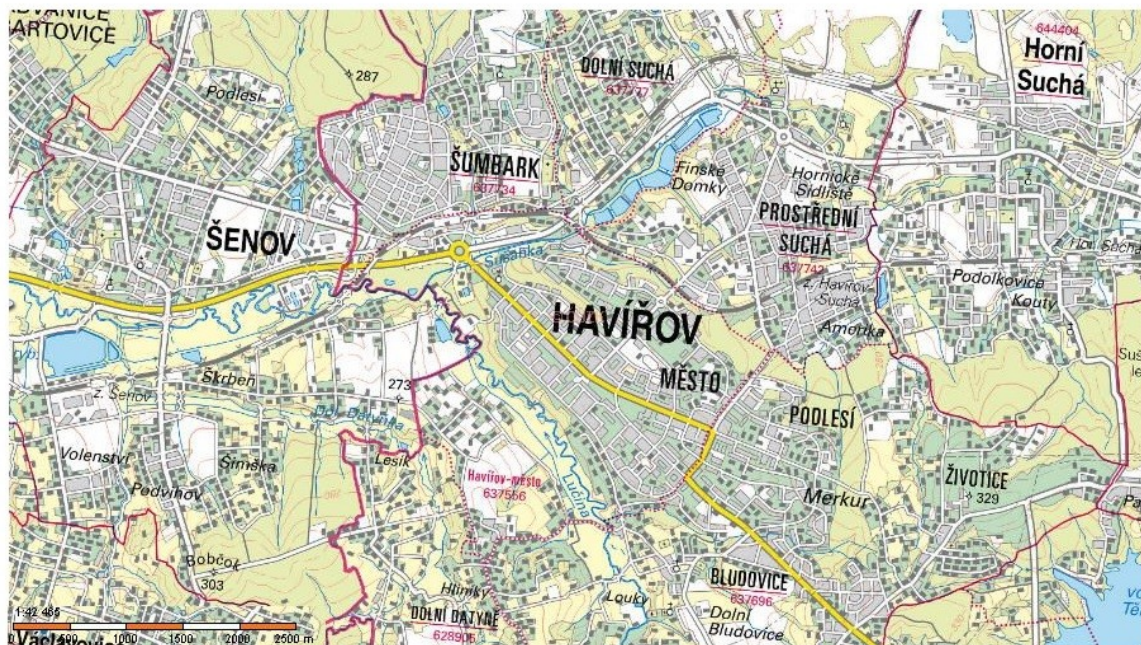
6.1 Základní a stručné údaje o městě Havířov

Město Havířov se nachází asi v poloviční vzdálenosti mezi městem Ostravou a příhraničním městem Český Těšín. Leží na okraji jižní ostravsko- karvinské průmyslové oblasti v podhůří Beskyd. Hlavním důvodem výstavby města byla nutnost zabezpečit byty pro pracovníky hutí a dolů v období rozvoje průmyslu po 2. světové válce. Havířov ze západní strany obklopují obce Šenov a Václavovice, na severu hraničí s hornickými středisky Petřvald, Orlová a Karviná. Město se nachází v nadmořské výšce okolo 260 metrů a povrch se vyznačuje mírným členitým terénem. Jižní částí protéká řeka Lučina. Výšková zástavba jako hlavní sídlištní útvar města je lemován významnou komunikací procházející městem z Ostravy do Českého Těšína. Další silnice vytváří spojnici města s Orlovou a Karvinou. Město Havířov je ze správního hlediska děleno na osm městských částí: Město, Šumbark, Životice, Bludovice, Prostřední Suchá, Dolní Suchá a Dolní Datyně. V současné době je počet obyvatel necelých 80 000 (havirov-city.cz, 2012).

6.2 Zatřídění města Havířov do environmentálních zón

Podrobný popis environmentálních zón a limitů rušivého světla byl již popsán v kapitole 5.3 Normativní požadavky na rušivé světlo. Rozloha města je kolem 3 207,3 ha. Mapa území je znázorněna na obrázku č. 15, kde je přesně vymezena zaujímaná oblast. Jednotlivé zařazení městských částí je podrobně uvedeno na jednotlivých obrázcích. Zatřídění města do environmentálních zón je především z důvodu snížení vlivů rušivého světla do horního prostoru a lepšího navržení osvětlení. Po zařazení do jednotlivých zón můžeme určit i podíl světelného toku osvětlení, který vyzařuje do horního poloprostoru. Při určení vycházíme z určení tzv. referenčního bodu, např. hvězdárna, astronomická laboratoř, chráněné území. Výskyt těchto území v ČR je zobrazen na obrázcích č. 16 a 17. Stejně důležité je i minimální vzdálenost referenčního bodu k hranicím zón, které jsou přesně uvedeny v tabulce č. 4 v kapitole 5.4 Environmentální zóny. Jedná-li se o citlivou oblast území, tak vzdálenost mezi jednotlivými hranicemi se doporučuje zvýšit i o dvojnásobek, tzn., že zóna E2 by začínala až od 2 kilometrů přilehlého referenčního

bodů. Pro zařazení města Havířov jsem si jako hlavní kritérium do jednotlivých zón vyhledala nejbližší hvězdárny a chráněné území, která jsem si zvolila jako referenční bod.



Obrázek č. 15 Mapa vymezení území města Havířov (sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz, 5. 2. 2014)

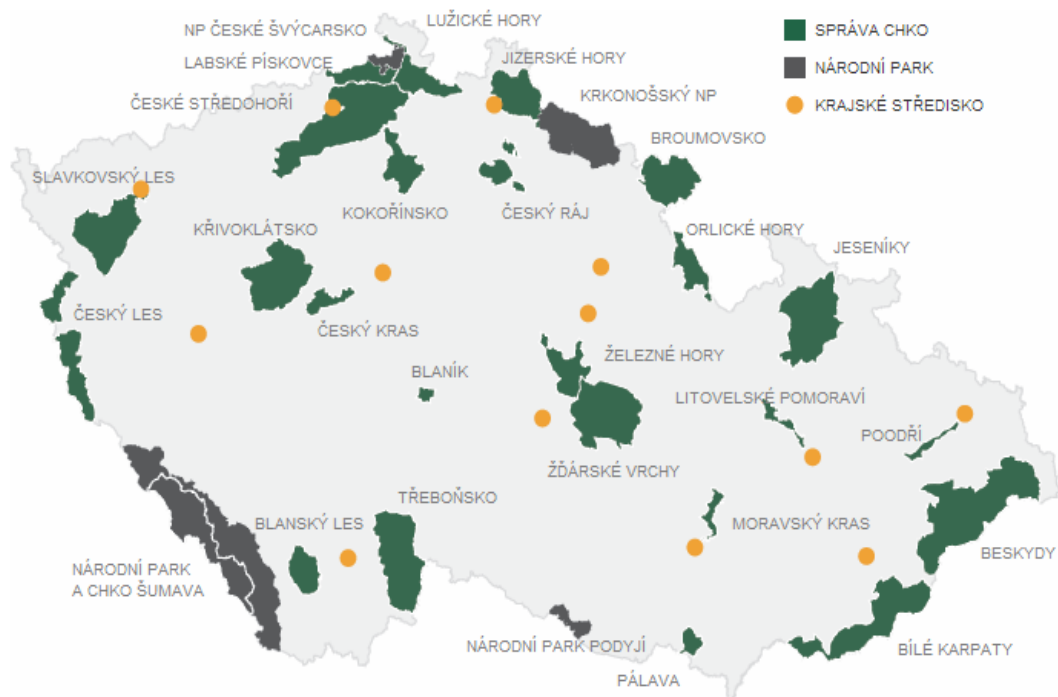
Hlavní kritéria zatřídění města Havířov do jednotlivých zón:

- přilehlé hvězdárny a observatoře



Obrázek č. 16 Mapa hvězdáren a observatoří v ČR (Wolny, 4. 3. 2014)

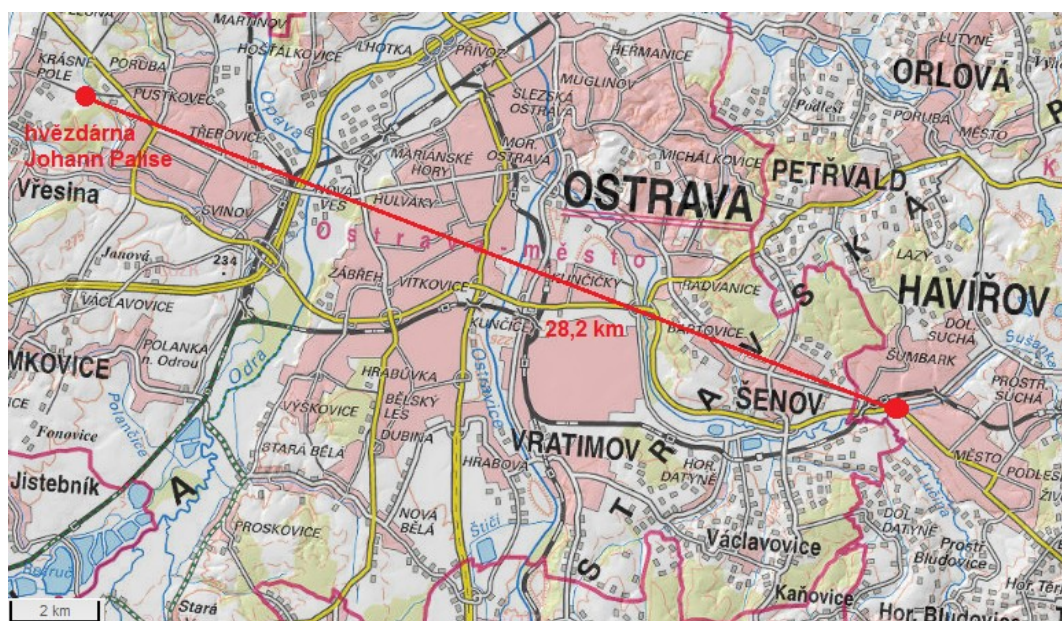
- chráněná území (národní parky, chráněné krajinné oblasti, národní přírodní rezervace, přírodní rezervace, národní přírodní památky a přírodní památky)



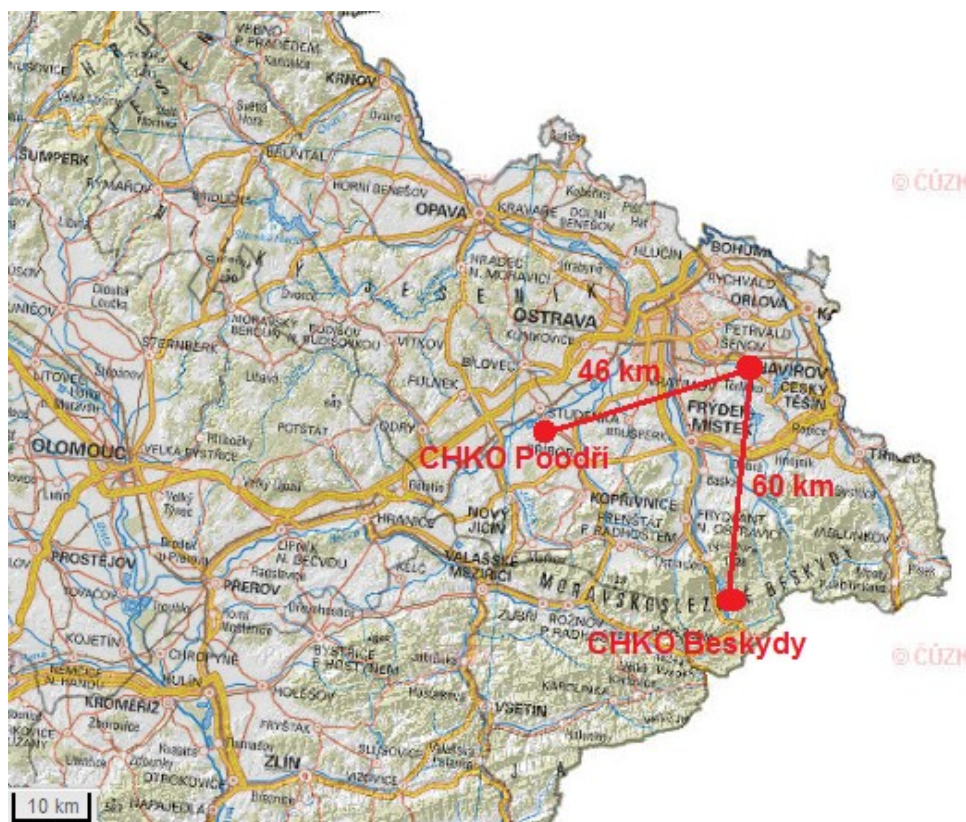
Obrázek č. 17 Mapa národních parků a chráněných území (ochranaprirody.cz, 4. 3. 2014)

Jednotlivé zatřídění městských částí města jsou vlastním návrhem pro přiřazení do environmentálních zón. Při zatřídování jsem posuzovala dle vlivů této zóny na příslušný referenční bod, podle jeho vzdálenosti a typem zástavby dané lokality. Pro určení vzdálenosti města od hvězdárny a chráněných území jsem použila aplikaci <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/>. Vzdálenostně nejbližší hvězdárnu k městu Havířov jsem našla ostravskou hvězdárnu a planetárium Johanna Palise v Porubě, která je vzdálena 28,2 km, což je zobrazeno na obrázku č. 18. Chráněné oblasti, které se nejbližší nacházející, jsou CHKO Poodří a CHKO Beskydy, viz obrázek č. 19. Vzdálenost jednotlivých referenčních bodů jsem změřila od středu města, v mapové aplikaci Google Maps do středu dle adresace ostravské hvězdárny a v druhém případě od města do středu rozlohy chráněného území.

Stanovení referenčního bodu (dále jen RB) není doposud obecně známo. Proto není z této metody jasné, zda tento RB pro oblast s větší rozlohou jako u mě chráněná oblast nebo i jiné oblasti např. národní parky, národní přírodní rezervace brát a měřit v centru, či na jeho okraji. Proto mezi zvolením centra chráněné oblasti a centra města mohou vznikat chyby v měření jejich vzdáleností. Při zatřídění jednotlivých zón městských částí jsem vycházela ze vzdálenosti od RB a dále pak zástavbou, kterou jsem porovnávala dle daného územního plánu města Havířov. Zdali se jedná o urbanizovanou nebo neurbanizovanou zónu, které mají svoje specifikace. Urbanizovaná zóna má obvodové, lokální bydlení souvislého zastavení, podnikatelské plochy atd., které jsem zatřídila do zóny E3. Neurbanizované plochy jako zemědělské, smíšené, přírodní, lesy hospodářské do zóny E2. Vlastní zatřídění mají městská centra urbanizované plochy, které řadíme do zóny E4.



Obrázek č. 18 Vzdálenost ostravské hvězdárny a planetária Johanna Palise a Havířová (Polaková, sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz, 4. 3. 2014)



Obrázek č. 19 Vzdálenost nejbližše položených chráněných území městu Havířov (Polaková, geoportal.gov.cz, 4. 3. 2014)

CHKO Poodří se nachází v severovýchodní části Moravské brány, jejíž celková rozloha je 81,5 km². Území tvoří zachovalá údolní niva řeky Odry. Každoročně se zde vyskytuje zaplavování rozsáhlých částí. Významný charakter mají i trvalé porosty, lužní lesy, rybníční soustava, meandrující tok Odry, mrtvé ramena a tůň (poodri.ochranaprirody.cz, 2014).

CHKO Beskydy byly vyhlášeny z důvodu jejich výjimečných hodnot beskydské krajiny. Pozoruhodné na této oblasti jsou pseudokrasové jevy podzemní a povrchové vody, výskyt významných karpatských rostlin a živočichů, estetický vzhled, zbytky pralesovitých lesů, druhově pestré louky a pastviny (beskydy.ochranaprirody.cz, 2014).

6.3 Beskydská oblast tmavé oblohy

Beskydská oblast tmavé oblohy (BOTO) se nachází na Česko – Slovenské hranici se středem kolem obcí Staré Hamry a Bílá. Její rozloha je 308 km². Rozkládá se na území obcí Staré Hamry, Bílá, Čeladná, Morávka, Krásná, Horní Bečva, Ostravice, Makov, Korňa, Turzovka, Vysoká nad Kysucou a Klokočov. Z toho je 7 obcí na české straně a 5 na slovenské. Ve velké většině pak na území spadající do CHKO Beskydy a CHKO Kysuce. Nejvyšším bodem v BOTO je Lysá hora (1323 m n. m.). Mapa s vyznačenou hranicí je zobrazeno na obrázku č. 20 (boto.cz, 2014).

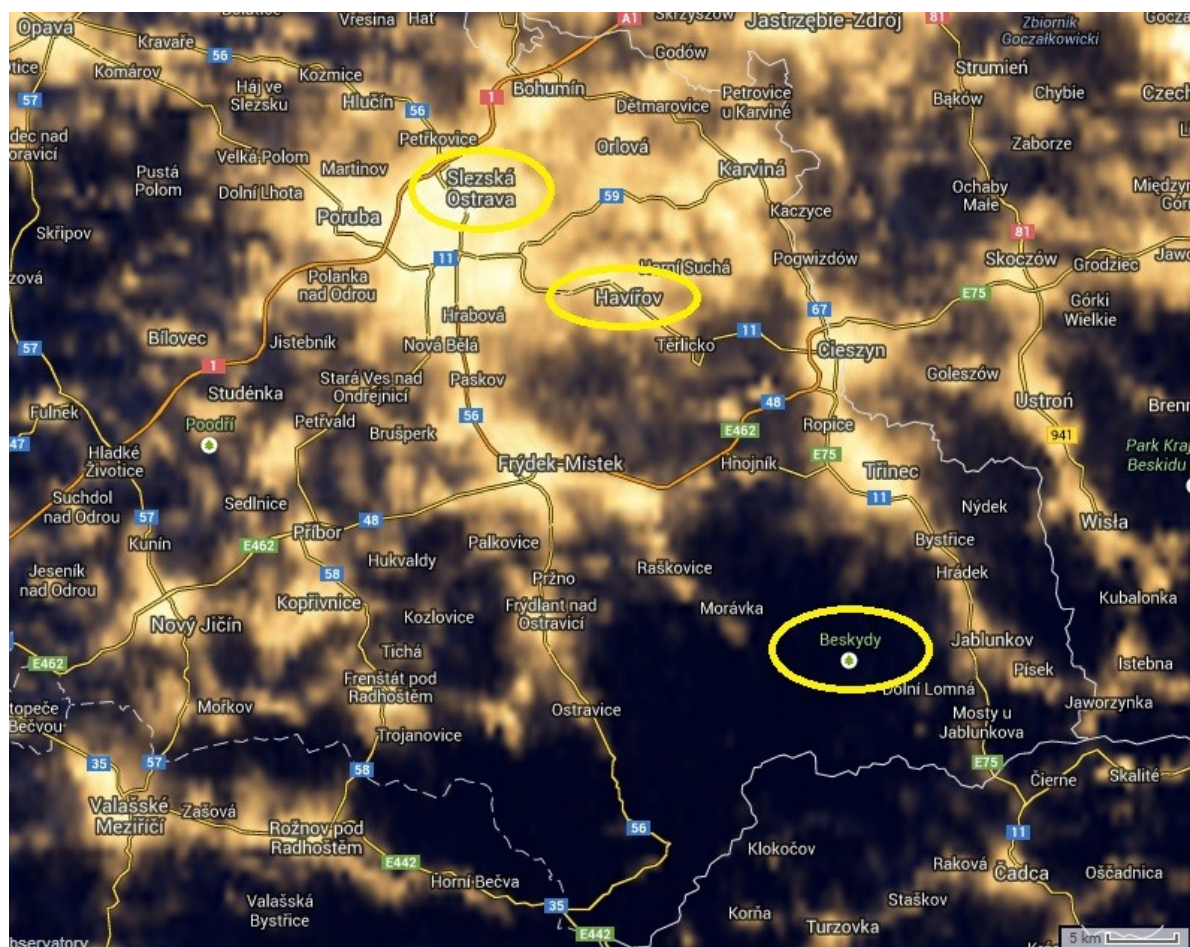
Beskydská oblast byla vyhlášena po ročních přípravách v rámci 40. výročí založení CHKO Beskydy 4. 3. 2013. Za podpory 12 obcí, kde se oblast rozkládá a 5 zakládajících organizací, byla oblast založena formou memoranda. Česko-slovenská oblast tmavé oblohy vznikla na základě vyhlášení již v roce 2009 Jizerské oblasti jako její vzor, která má mezinárodní charakter tohoto druhu. Společně tyto dvě oblasti řadí Českou republiku jako jedinou, která má vyhlášené oblasti tohoto typu přes hranice našeho území (Kondziolka, 2013).



Obrázek č. 20 Mapa s vyznačenou hranicí Beskydské oblasti (boto.cz, 4. 3. 2014)

„Zakládajícími institucemi jsou Česká astronomická společnost, Slovenská astronomická spoločnosť pri SAV, Správa CHKO Beskydy, Štátna ochrana prírody SR, Správa CHKO Kysuce a Lesy České republiky” (boto.cz, 2014).

Astronomové a ochránci přírody tak chtějí chránit tamní krajinu před stále větším množstvím světla, které v noci září do oblohy. Vyhlášením území má symbolický význam. Úředníkům žádná nová pravomoc nevznikla. Nadměrné osvětlení by měly regulovat pouze dobrovolné dohody. Žádná omezení a ani zákazy z něj neplynou a to ani pro majitele nemovitostí nebo obce. Astronomové si vybrali právě toto místo na základě toho, že se zde vyskytuje malé množství světelného znečištění. Existuje devíti stupňová škála znečištění, kde velká města mají 9. V České republice nenajdeme místa s prvním či druhým stupněm. U nás jsou místa až s třetím stupněm, jako je právě oblast Beskyd. Satelitní pohled na severní Moravu v noci jak je uvedeno na obrázku č. 21, tisíce světél prakticky vymazali hvězdnou oblohu ve městech (ceskatelevize.cz, 2013).



Obrázek č. 21 Satelitní pohledy na severní Moravu v noci (ceskatelevize.cz, blue-marble.de, 2013-2014)

2/3 beskydské oblasti leží na Moravě, zbytek na Slovensku, kde právě již dva roky funguje podobné území jménem Poloniny na východních hranicích. Ale i jinak v tmavých Beskydech existují místa se světelným znečištěním. Jsou to lyžařské sjezdovky. Od sněhu se světlo do prostoru mnohem lépe odráží. Logem beskydské oblasti tmavé oblohy

je zobrazen na obrázku č. 22, na kterém je zobrazena beskydská sova pušтік bělavý a souhvězdí velký vůz (ceskatelevize.cz, 2013).



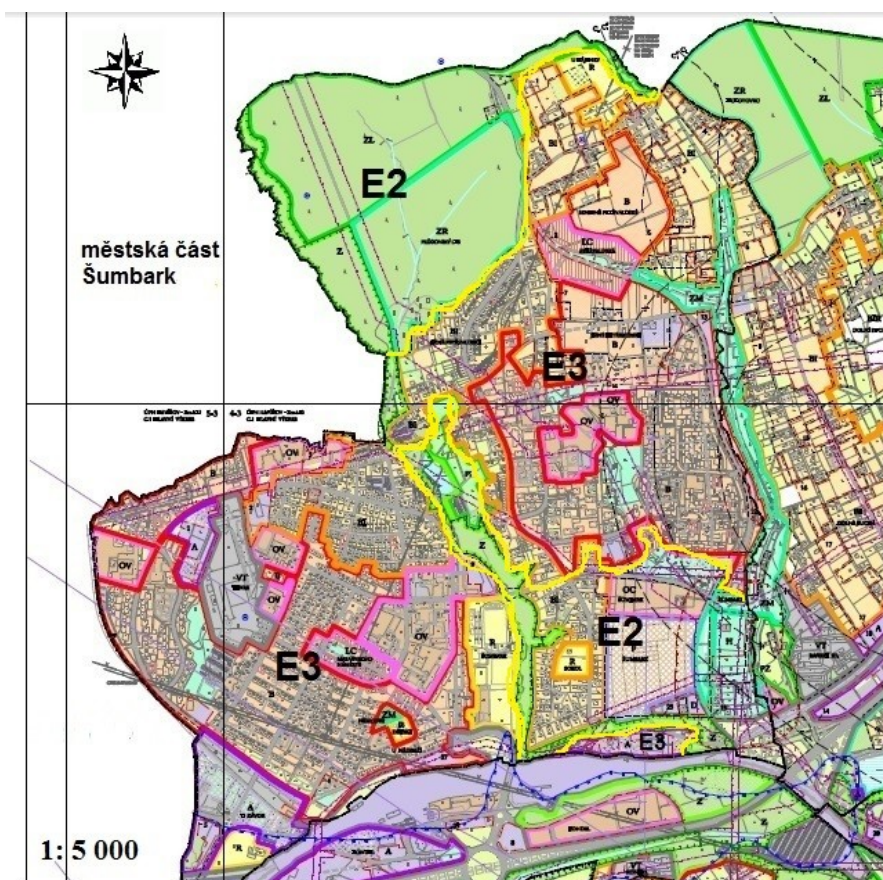
Obrázek č. 22 logo beskydské oblasti tmavé oblohy (boto.cz, 4. 3. 2014)

Hlavním cílem je především lidi přesvědčit, aby svítili, tak jak mají, dále vzdělávat lidi a popularizovat pro širokou veřejnost. Kromě ochrany nočního prostředí se snaží o pravidelné veřejné akce. Upozornit, že tma začíná být stále větším problémem a ohroženým druhem a že musíme něco dělat pro ochranu našeho přirozeného nočního prostředí (Kondziolka, 2013).

Pro lepší orientaci je zařazení města do jednotlivých zón děleno podle jednotlivých městských částí a celkový přehled zařazení městských částí je zobrazen v tabulce č. 6.

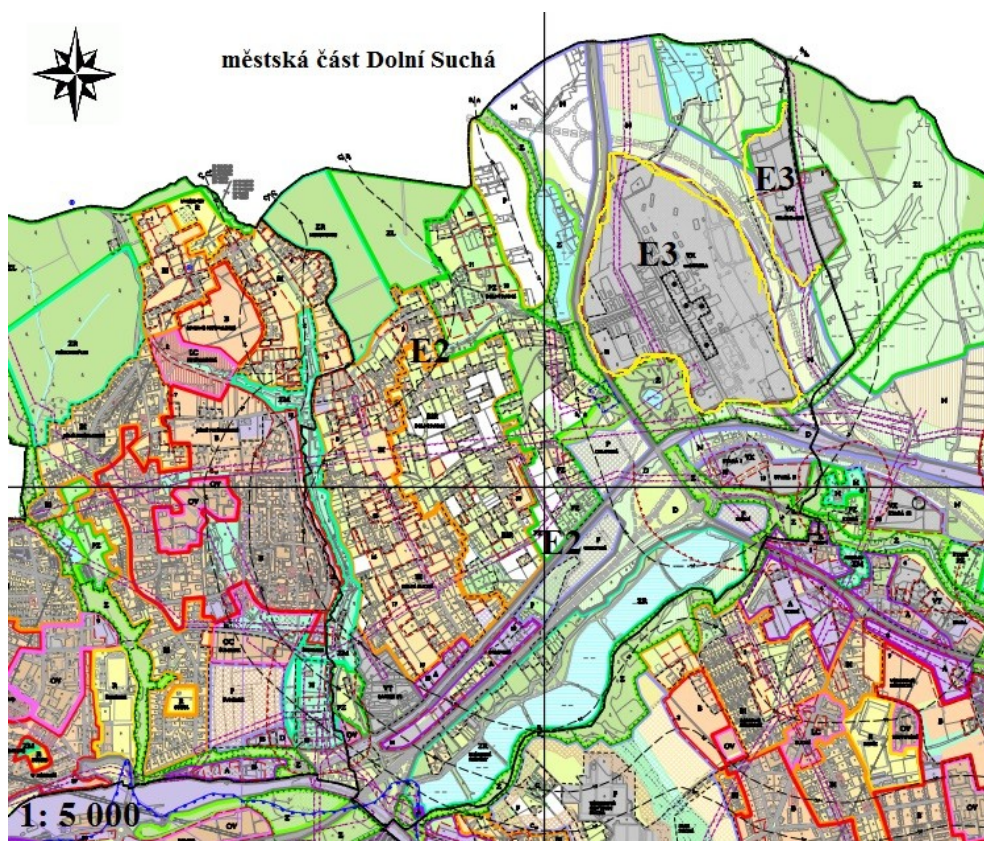
První řešená městská oblast Šumbark zaujímá plochu 379,9 ha, kde zařazení je zobrazeno na obrázku č. 23. V této části obce započala první výstavba havířovského sídliště. Podle složení je řazena oblast hlavních ulic U Nádraží, Opletalova, Lidická, Moravská, Generála Svobody, Konzumní, Školní a Požárnická spadá do zóny E3, která je řadí do oblasti průmyslové a obytná předměstí. Severní část ulice Na Petřvaldská, U Jelena, Výletní, Smrková, která vede do další městské části Dolní Suché, představuje oblast E2 s velmi malým jasnem jako průmyslová a obytná venkovská zóna. Tato oblast je

tvořena zástavbou rodinných domů lesních porostů. Do zóny E2 spadá i oblast U Parkoviště, Na Parceli, Petřvaldská, U Jelena, V Zahrádkách, Okružní.



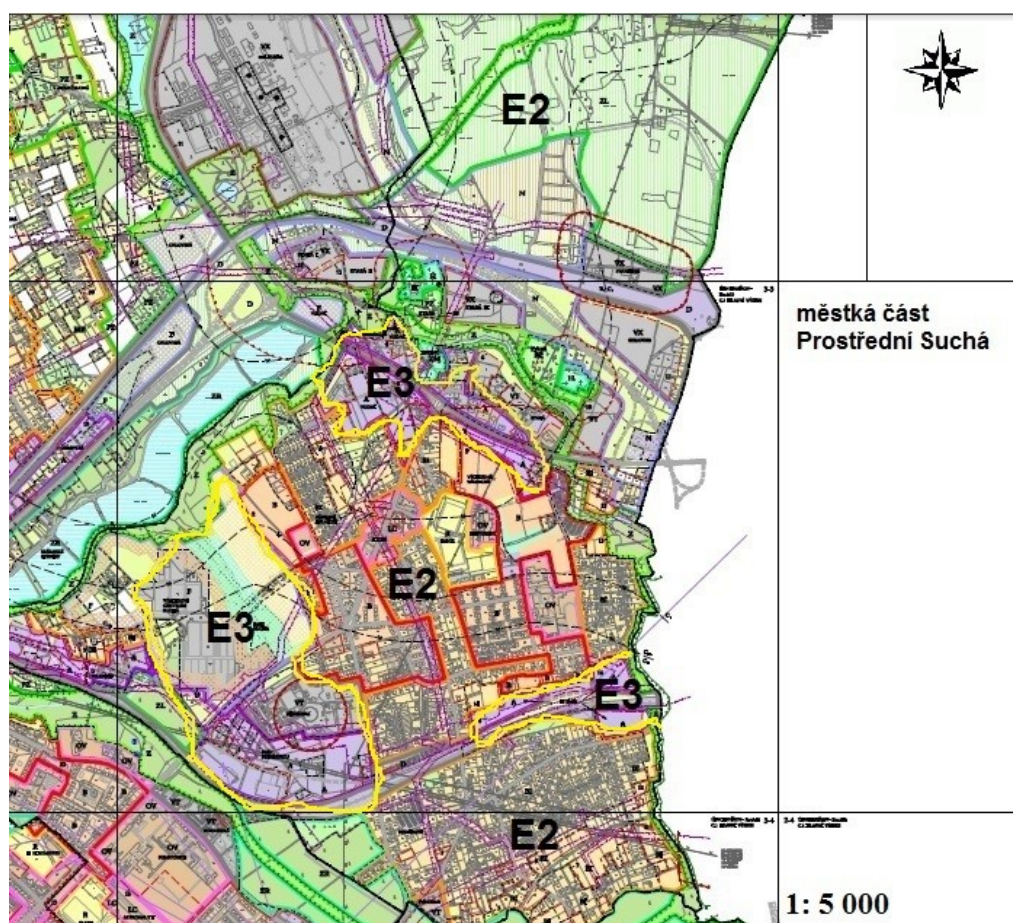
Obrázek č. 23 zařazení městské části Šumbark do environmentální zóny (Polaková, 23. 2. 2014)

Na oblast Šumbark se napojuje část Dolní Suchá, která tvoří severovýchodní úsek, kde je zařazení zobrazeno na obrázku č. 24. Hlavním tahem je ulice Orlovská, kousek ulice Vodní, Prachatická a Lázecká. Úsek spadá do venkovské obytné a průmyslové zóny E2. Tři čtvrtiny území tvoří smíšené lesy a vodní nádrže, které vznikly především důlní činností vlivem poklesů a vytlačení podzemní vody na povrch. Pouze malá část je tvořena obytnou zástavbou. Na území se také nachází průmyslová zóna, která se řadí do E3, v oblasti ulice Orlovská, Závodní, Šachetní, kde se nacházel bývalý důl Dukla rekonstruovaný na průmyslovou zónu.



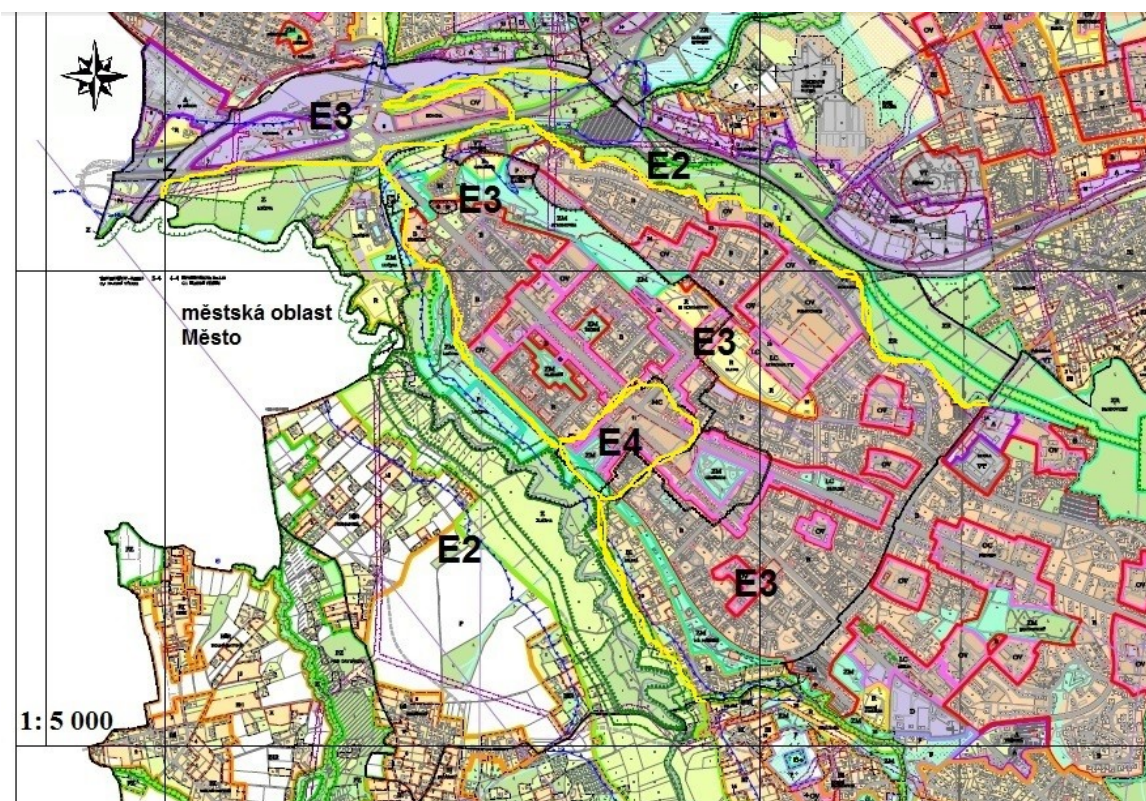
Obrázek č. 24 zatřídění městské části Dolní Suchá do environmentální zóny (Polaková, 23. 2. 2014)

Další součástí obce je část Prostřední Suchá, která se rozkládá na rozloze 595,6 ha, kde zařazení je zobrazeno na obrázku č. 25. Tento úsek zaujímá ulice u Skleníku, Dělnická, Na Pavlasůvce, Hornosušská, Fryštátská, Starý Svět. Od Dolní Suché je oddělena řekou Sušankou a Dolnosušským potokem, který protéká několika za sebou jdoucími vodními nádržemi. Oblast je především tvořena zástavbou rodinných domů, starými cihlovými patrovými domy a proto se řadí opět do zóny E2. V této oblasti, kterou jsem zařadila do zóny E3 se nachází menší průmyslová oblast, která zaujímá ulice Před Tratí, Dělnická a u Skleníku, Nový Svět, kde se nachází především nákupní zóna supermarketů, stavebniny, sídlo plynárenské a stavební společnosti a ředitelství AWT Rekultivace.



Obrázek č. 25 zařídění městské části Prostřední Suchá do environmentální zóny (Polaková, 23. 2. 2014)

Středem města je správní část Město, o rozloze 642,7 ha, kde zařazení je zobrazeno na obrázku č. 26, které je tvořeno ulicí Ostravská, Orlovská a Železničářů, které tvoří dopravní a železniční uzel na Ostravu, Orlovou a Český Těšín, dále od hlavního kruhového objezdu vedena Hlavní třídou, která navazuje na Dlouhou třídu, která odděluje od sebe část městského úseku Podlesí dále Národní třída s Centrálním parkem, U Stromovky, Dělnická spadají do průmyslového a obytného předměstí zóny E3. Ulice Na Nábřeží na jihozápadní straně Havířova, kde se rozprostírá Park Na Nábřeží, Park Mládeže, ulice Formanská, Na Dulňáku, Spadová, Na Prostředňáku dále Karvinská a Moskevská které řadíme do zóny E2. V poslední řadě zde patří velmi známé meandry řeky Lučiny, které představují zónu E2. Dle územního plánu se zde nachází i městské centrum, které řadíme do zóny E4 a je to oblast kolem OD Elán.



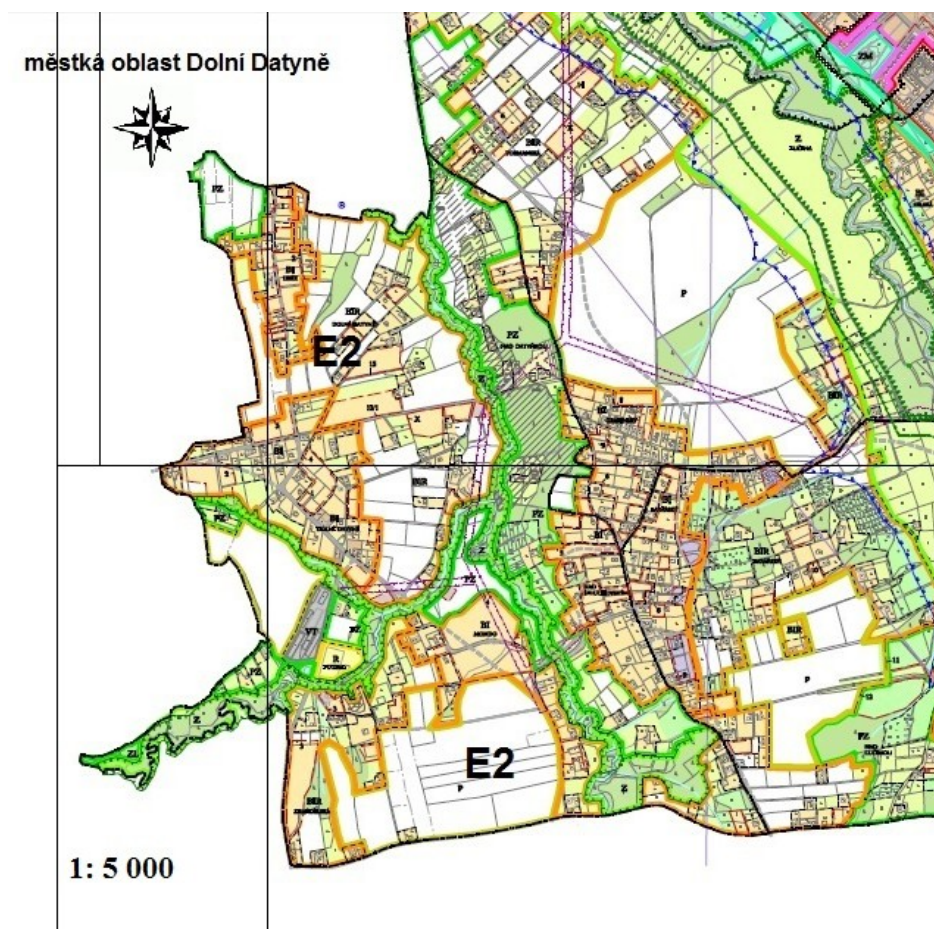
Obrázek č. 26 zařazení městské části Město do environmentální zóny (Polaková, 23. 2. 2014)

Meandry řeky Lučiny zabírají plochu okolo 40,65 ha, které se 1. ledna 1992 staly prvním chráněným územím města. Niva řeky Lučiny zahrnuje 2 km chráněného území. V minulosti původně zalesněná niva byla ovlivněna lidskými zásahy zbavením stromů až na pruh vegetace kolem řeky, celou plochu zabíraly louky bohaté na floru a faunu. Postupem času s útlumem zemědělství dochází k opětovné přeměně luk na přirozený listnatý porost. Dosud neupravené říční koryto je nejcenějším prvkem, který meandruje v hliněných naplaveninách. Na vzniku natrží, říčních naplavenin, šterkových ostrůvků, tůní a mělčin se podílí erozní, transportní a sedimentační činnost. Pestrá mozaika stanovišť proto přitahuje nebývale pestrou floru a faunu. Velmi významným faktorem je i vysoká samočisticí schopnost, díky níž se zde vyskytují bio-indikační druhy. Koryto řeky je lemováno bylinným patrem, které je nejpestřejší v jarním období, rostlinným společenstvem přes lesní společenstva střemchových jaseňin asociace *Pruno-Fraxinetum*, až po břehové porosty s druhy dubo-habrových hájů. Z bylinného patra je nutno podotknout nápadně kvetoucí sasanku pryskyřníkovitou (*Anemone ranunculoides*), křivatec žlutý (*Gagea lutea*), zapalice žluťuchovitá (*Isopyrum thalictroides*) a prvosenka vyšší (*Primula elatior*). V bylinném patře se také nachází i ohrožený druh pižmovka

mosušová (*Adoxa moschatelina*) podle červeného seznamu severovýchodní Moravy a Slezska. Pestrůst fauny v této oblasti je díky ideálním podmínkám prostředí, členitému dnu se spleť kořenů a větví, dutiny starých stromů, podemleté kořeny stromů pro stavění hnízd. Bylo zjištěno celkem 15 druhů vážek, mezi vzácnější patří šidélko znamenáné (*Erythromma viridulum*) a vážka bělořitná (*Orthetrum albistylum*), není zde výjimkou ani rak říční (*Astacus astacus*), 13 druhů ryb jako např. ostroretka stěhovavá (*Chondrostoma nasus*), plotice obecná (*Rutilus rutilus*), štika obecná (*Esox lucius*) a pstruh potoční (*Salmo trutta*), také ohrožený druh – střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*) a ojediněle se zde vyskytuje i kriticky ohrožená mihule potoční (*Lampetra planeri*) (proprirodu.wz.cz, 2008).

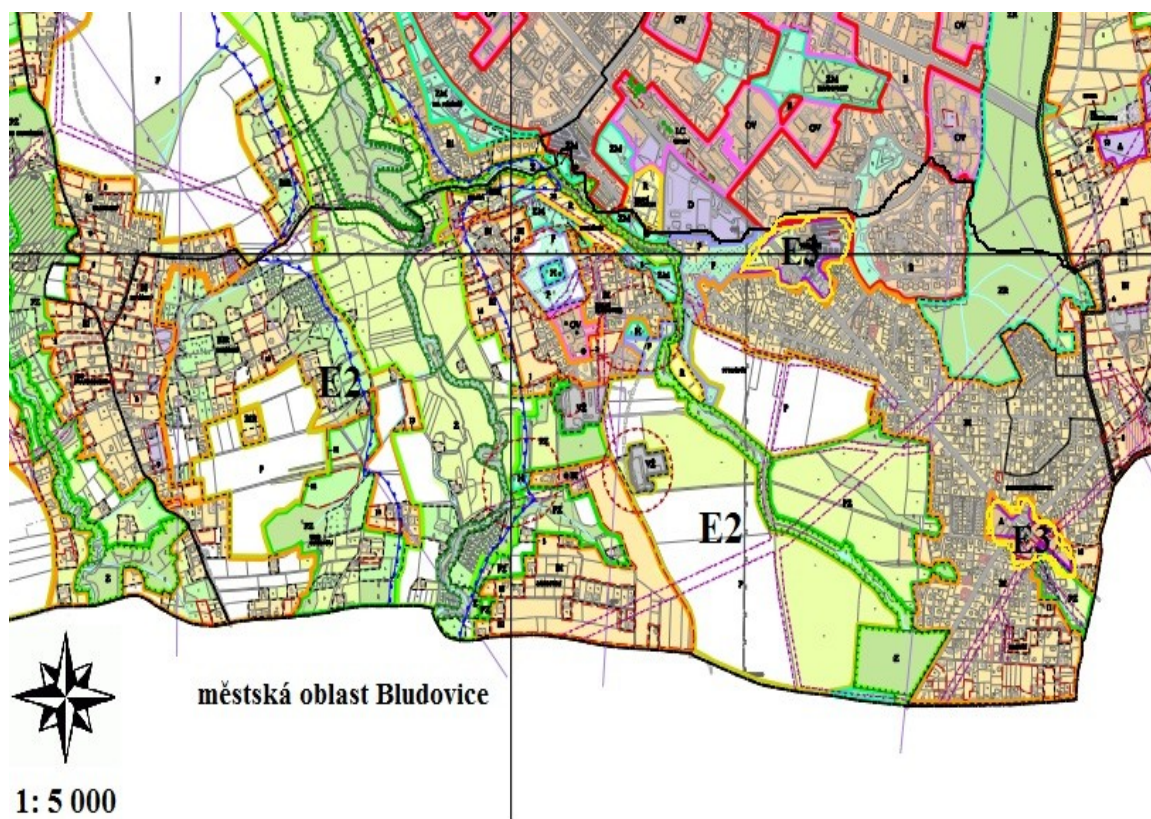
Mezi biotopy čolka obecného (*Triturus vulgaris*), ropuchy zelené (*Bufo viridis*), ropuchy obecné (*Bufo bufo*) a skokana zeleného (*Rana esculenta*) řadíme vyskytující se mokřady v této oblasti. Strakapoud velký (*Dendrocopos major*), žluna zelená (*Picus viridis*) a šoupálek krátkoprstý (*Certhia brachydactyla*) ledňáček říční (*Alcedo attis*), střízlík obecný (*Troglodytes troglodytes*) a konipase horského (*Motacilla cinerea*) můžeme řadit za stálé obyvatele této památky (proprirodu.wz.cz, 2008).

Západní část obce tvoří správní celek Dolní Datyně, kde zařazení je zobrazeno na obrázku č. 27. Tento úsek je tvořen převážně plochou smíšených lesů a zemědělské půdy, protéká jím řeka Venclůvka a Šlučovský potok. I počet obyvatel napovídá, že se jedná o klidnou venkovskou oblast o rozloze 217,4 ha. Ulice spojují Havířov město s touto oblastí je Formanská a Datyňská, dále pokračuje Na Hlinkách, Josefa Kotase, U Mlýnku, Zřidelní představuje obytné venkovské zóny E2.



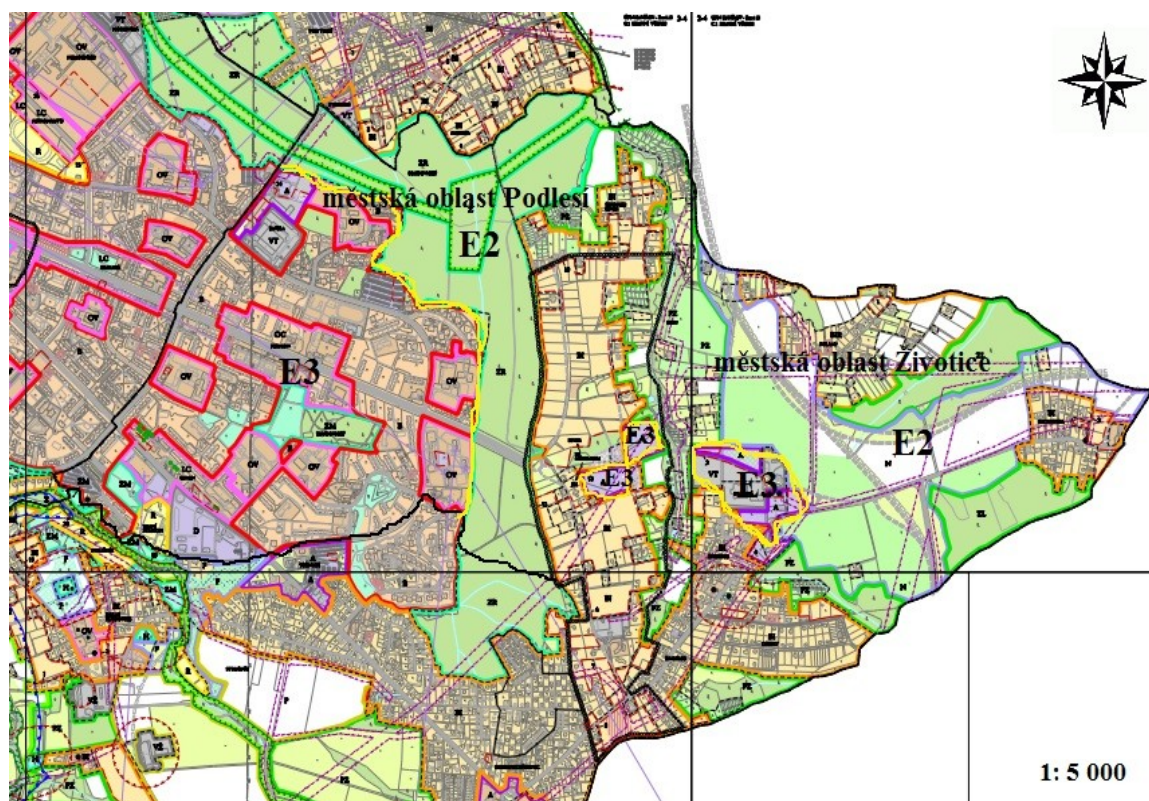
Obrázek č. 27 zatřídění městské části Dolní Datyně do environmentální zóny (Polaková, 23. 2. 2014)

Bludovice, kde v katastrálním území leží i poslední dvě části Podlesí a Životice, činí rozlohu 935,5 ha, kde zařazení je zobrazeno na obrázku č. 28, které odděluje ulice Těšínská. Ulice Selská, Frýdecká, Na Záguří, Na Kempách, které tvoří tuto část, patří do zóny E2 obytné venkovské zóny, jelikož se opět jedná o prostranství se zemědělskou půdou, loukami a smíšenými lesy. Oblast ulice Těšínská a horní oblast Bludovického kopce řadíme dle plánu do zóny E3.



Obrázek č. 28 zatřídění městské části Bludovice do environmentální zóny (Polaková, 23. 2. 2014)

Část Podlesí, která je tvořena sídlištní zástavbou se pyšný dlouhým lesoparkem, prostranstvím zelené louky, polí a smíšených lesů, kde zařazení je zobrazeno na obrázku č. 29. Oblast okolo ulice 17. Listopadu, Studentská, Dlouhá třída, Mánesova, Moskevská, Okrajová představují obytná předměstí zóny E3. V této části se nachází i zóna E2, která se rozprostírá na ulicích u Hájenky, Přátelství a v Zátíší.



Obrázek č. 29 zatřídění městské části Podlesí a Životice do environmentální zóny (Polaková, 23. 2. 2014)

Poslední oblast Životice je velice známá díky třelickému okruhu, kde se každoročně konají motocyklové závody. Nachází se zde hektarové sady jablek. Oblast je zobrazeno na obrázku č. 29. Vedou zde ulice Těšínská, Padlých hrdinů, Životická, Na Polanech spadají do E2 zóny. Oblast Za Merkurem a ulice Dlouhá patří do zóny E3.

Tabulka č. 6 Přehled městských částí do environmentálních zón (Polaková, 11. 2. 2014)

Městská část	rozloha	ulice	Zóna
Šumbark	379,9 ha	U Nádraží	E3
		Opletalova	
		Lidická	
		Moravská	
		Generála Svobody	
		Konzumní	
		Školní	
		Požárnická	
		U Parkoviště	E2
		Petřvaldská	
		U Jelena	
		V Zahrádkách	
		Na Parceli	
		Okružní	
Dolní Suchá	436,6 ha	Orlovská	E2
		Lázecká	
		Prachatická	
		Závodní	E3
		Šachetní	
Prostřední Suchá	595,6 ha	Dělnická	E2
		Starý Svět	
		Na Pavlasůvce	
		Hornosušská	
		Fryštatská	
		Před Trať	
		Nový Svět	E3
		Dělnická	
		U Skleníku	
		Hlavní třída	
Město	642,7 ha	Dlouhá třída	E3
		Národní třída	
		Na Nábřeží	
		U Stromovky	
		Dělnická	
		Karvinská	

Pokračování tabulka č. 6 Přehled městských částí do environmentálních zón (Polaková, 11. 2. 2014)

Městská část	rozloha	ulice	Zóna
Město	642,7 ha	Na Prostředňáku	E2
		Lučina	
		Formanská	
		Na Důlnáku	
		Spádová	
		Karvisnká	
		Moskevská	
		Ostravská	E3
		Orlovská	
		Železničářů	
		Centrum OD Elán	E4
Dolní Datyně	217,4 ha	Josefa Kotase	E2
		U Mlýnku	
		Zřidelní	
		Na Hlinkách	
		Datyňská	
		Formanská	
Bludovice	935,5 ha	Frýdecká	E2
		Řešínská	
		Na Záguří	
		Selská	
		Na Kempách	
		Bludovický kopec	E3
Těšínská		E3	
Podlesí			17. listopadu
			Mánesova
			Studentská
			Dlouhá třída
			Okrajová
	U Hájenky		E2
	Přátelství		
	V Zátíší		

Pokračování tabulka č. 6 Přehled městských částí do environmentálních zón (Polaková, 11. 2. 2014)

Městská část	rozloha	ulice	Zóna
Životice	935,5 ha	Za Merkurem	E3
		Dlouhá	
		Těšínská	E2
		Životická	
		Padlých hrdinů	
		Na Polanech	

Jak můžeme vidět v předchozí tabulce, podle návrhu environmentálních zón Havířov spadá do třech kategorií. První je zóna E2, která představuje zastavěnou plochu vesnic a má charakter menšího významu. Druhá zóna, která se zde nachází je E3, což jsou středně světlé oblasti s obytným předměstím. A poslední zóna E4, která je pouze jedna a ta představuje městské centrum s vysokým jasem.

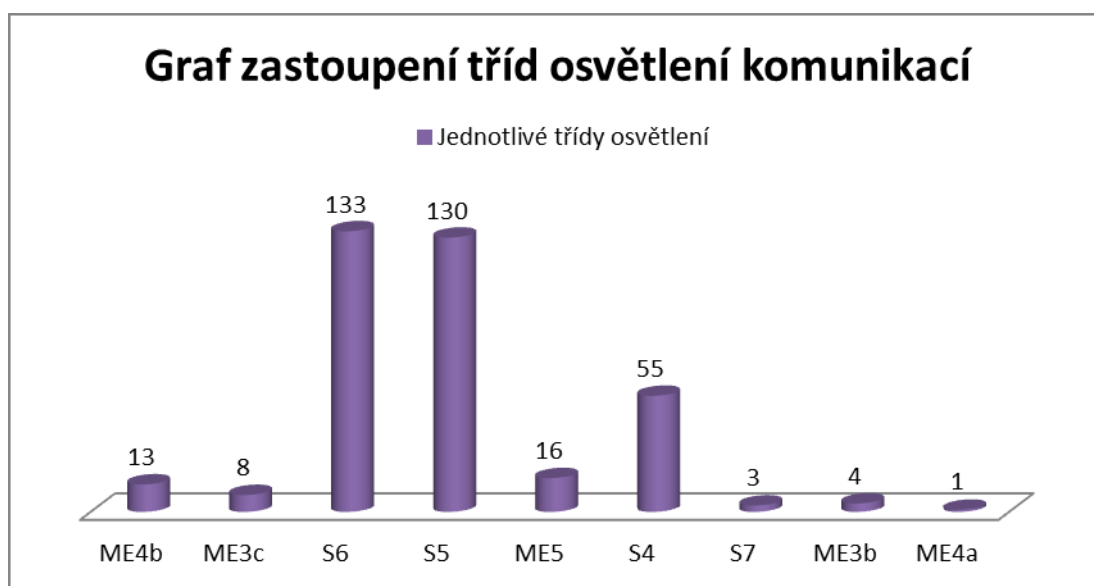
6.4 Světelné zatřídění komunikací

Zatřídění komunikací se posuzuje podle světelně technických požadavků platných norem ČSN CEN/TR 13201-1 Osvětlení pozemních komunikací část 1: Výběr tříd osvětlení, ČSN CEN/TR 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací část 2: Požadavky, ČSN CEN/TR 13201-3 část: 3 Výpočet, ČSN CEN/TR 13201-4 část 4: Metody měření. Třetí část je určena především pro výrobce a dodavatele svítidel, čtvrtá část postupy a metody měření navržených a vypočtených parametrů již vytvořených soustav podle projektové dokumentace staveb. Pro zatřídění jsou nejdůležitější především první dvě části normy. Abychom dostali co nejobektivnější výsledek, bylo nutné postupovat v přesném sledu stanovených kroků, z hlediska všech nastavených parametrů a vlivů (Sokanský, 2012).

6.4.1 Třídy osvětlení

Třídy osvětlení vycházejí z evropské normy ČSN EN 13201-2, která definuje fotometrické třídy osvětlení pro pozemní komunikace na zrakové potřeby uživatelů komunikace a zohledňuje vlivy na životní prostředí. Význam a využití stanoveného

zatřídění je závazný pro projektanty, kteří zpracovávají projektové dokumentace staveb, které určitým způsobem zřizují, překládají nebo upravují soustavy veřejného osvětlení (dále jen VO) na území města. Další velmi důležitou úlohu hraje při rekonstrukci VO, protože se stanovují požadavky na osvětlenost, jas a rovnoměrnost dle platné normy. Jednotlivé zastoupení tříd podle celkového počtu dle ulic je zobrazeno v grafu č. 1, ze kterého vyplývá, že největší zastoupení má třída S6 a S5 zastoupení pro pěší a cyklisty (Sokanský, 2012).



Graf č. 1 zastoupení jednotlivých tříd osvětlení komunikací (Polaková, 11. 2. 2012)

Třídy osvětlení ME/MEW se vztahují na řidiče motorových vozidel pohybujících se po pozemních komunikacích střední až vysokou povolenou rychlostí (Sokanský, 2012).

Třídy osvětlení CE se vztahují na konfliktní oblasti pro jiné uživatele pozemní komunikace a pro řidiče motorových vozidel, jako jsou např. obchodní třídy, oblasti dopravní zácpy, složitější křižovatky, ale je možno je i použít v podchodech a podjezdech používané chodci a cyklisty. V případě že neplatí dohoda pro výpočet jasu povrchu komunikace či je nepraktické použít, kdy je pozorovací vzdálenost menší než 60 metrů nebo kde je více důležitých poloh pozorovatele, tak lze tento typ třídy osvětlení doplnit, pokud je třída S a A nepostačující (Sokanský, 2012).

Třída osvětlení S a A jsou určeny pro pěší a cyklisty pohybující se po komunikacích pro pěší nebo cyklisty, pěší zóny, parkovací plochy, zpevněné krajnice a další části

pozemní komunikace, školní dvory, pozemní komunikace ležící odděleně nebo podél jízdního pásu, po komunikacích sídelních jednotek (Sokanský, 2012).

Doplňkovou třídu tvoří osvětlení ES, které se používá pro pěší zóny. Tímto se má předcházet a snížit riziko kriminality, zvýšit pocit bezpečí a to především v situacích, kde je třeba zajistit dobrou viditelnost např. na křižovatkách, se používá doplňková třída osvětlení EV (Sokanský, 2012).

6.5 Veřejné osvětlení

Na území městě Havířov najdeme 73 typů svítidel veřejného osvětlení. Každé svítidlo má svůj vlastní popis. Svítidla řadíme podle druhů přichycení na výložník a to na sadové, závěsné, závěsné na podklad, uchycené na podklad a jiné neboli zemní. Výkon každého svítidla je jiný, avšak jeho rozmezí se pohybuje od 21 W až do 400 W. Nejběžněji používaný výkon svítidel je 70 W. Podrobné rozdělení svítidel na území města je uvedeno v příloze 1, která je doplněna i fotografií každého svítidla a dále jsem práci doplnila o přílohu 2, ve které jsou fotografie vybraných míst veřejného osvětlení v městě Havířov.

Pro zhodnocení veřejného osvětlení jsem zvolila prvních deset nejvíce zastoupených typů svítidel. U svítidel nad 100 ks můžeme již na základě většího počtu vyjádřit podíl na světelném znečištění a vyzařování do horního poloprostoru. U ostatních to lze také spočítat, ale při malém množství můžeme je tento vliv zanedbat. Prvních deset svítidel představuje typ svítidla Aluroad výrobce Philips, svítidlo Ambassador výrobce Elektrosvit 150W, Dingo 70W a 150W výrobce Vyrtych, svítidlo Disk Sadovka 70 W a 150W výrobce Elektrosvit, svítidlo MC2 výkonu 100W a 150W výrobce Schreder, svítidlo Alura s výkonem 70W od stejného výrobce jako MC2 a poslední svítidlo NMF 401 výrobce Hellux o výkonu 70W. Veškeré podklady a informace o daných svítidlech jsem čerpala z programu ReluxPro. Údaje a specifikace prvních nejpočetněji zastoupených svítidel z programu Relux Pro je uveden v příloze 3. Pro výpočet přímého vyzařování svítidla do horního poloprostoru ULOR musíme nejdříve vědět světelný tok svítidla a jeho účinnost. Tyto dvě veličiny mezi sebou vynásobíme a dostaneme velikost zářivého toku. Z tohoto výsledku již můžeme vypočítat ULOR. Výsledek zářivého toku vynásobíme hodnotou, kolik dané svítidlo vyzařuje nad rovinou úroveň. Tento výsledek je pouze pro

jedno svítidlo, proto ho musíme ještě vynásobit celkovým počtem svítidel daného typu. Pro příklad uvedu zhodnocení svítidla typu Ambassador s výkonem 150W. V programu ReluxPro si najdeme daný typ svítidla, kde známe světelný tok o 13 500 lm a účinnost 80%. Zářivý tok po vynásobení činí hodnotu 10 800 lm. U tohoto typu svítidla je hodnota nad rovnou úroveň 0%, proto výsledek ULOR je také nulový. Tímto můžeme označit svítidlo za vyhovující, jelikož zbytečně nevyzařuje do horního poloprostoru. Všechny výpočty u jednotlivých svítidel jsou uvedeny v následující kapitole, která je doplněna jednotlivými výsledky v tabulce č. 7.

6.6 Výpočty

Svítidlo Aluroad

Světelný tok 6300 lm účinnost 76% = 0,76 klasifikace A30 99.0% ↑ 1.0 %

$6300 * 0,76 = 4788$ Ø svítidla Ø ULOR = $4788 * 0,01 = 47,9$ lm

$664 \text{ ks} * 47,88 = 31\,792,32$ lm = 31,8 klm

Svítidlo Ambassador

Světelný tok 13 500 lm účinnost 80% = 0,8 klasifikace A30 100.0% ↑ 0 %

$13\,500 * 0,8 = 10\,800$ Ø svítidla Ø ULOR = 0 lm

Svítidlo Dingo 70W

Světelný tok 5600 lm účinnost 61,63% = 0,6163 klasifikace A30 100.0% ↑ 0 %

$5600 * 0,6163 = 3451,28$ Ø svítidla Ø ULOR = 0 lm

Svítidlo Dingo 150W

Světelný tok 14 000 lm účinnost 57,4777% = 0,574777 klasifikace A30 100.0% ↑ 0 %

$14\,000 * 0,574777 = 8046,878$ Ø svítidla Ø ULOR = 0 lm

Svítidlo Disk 70W

Světelný tok 6000 lm účinnost 62,76% = 0,6276 klasifikace B21 76.0% ↑ 24.0 %

$6000 * 0,6276 = 3765,6$ Ø svítidla Ø ULOR = $3765,6 * 0,24 = 903,744$ lm

$425 \text{ ks} * 903,744 = 384\,091,2$ lm = 384,1 klm

Svítidlo Disk 100W

Světelný tok 6000 lm účinnost 62,76% = 0,6276 klasifikace B21 76.0% ↑ 24.0 %

$6000 * 0,6276 = 3765,6$ Ø svítidla Ø ULOR = $3765,6 * 0,24 = 903,7$ lm

$413 \text{ ks} * 903,744 = 373\,246,272 \text{ lm} = 373,3 \text{ klm}$

Svítidlo MC2 100W

Světelný tok 9500 lm účinnost 86,4417% = 0,864417 klasifikace A20 99.5% ↑ 0.5 %

$9500 * 0,864417 = 8212$ Ø svítidla Ø ULOR = $8211,9615 * 0,005 = 41$ lm

$404 \text{ ks} * 41 = 16\,564 \text{ lm} = 16,6 \text{ klm}$

Svítidlo MC2 150W

Světelný tok 14 000 lm účinnost 88,4034% = 0,884034 klasifikace A30 99.6% ↑ 0.4 %

$14\,000 * 0,884034 = 12\,376,5$ Ø svítidla Ø ULOR = $12\,376,476 * 0,004 = 49,5$ lm

$353 \text{ ks} * 49,51 = 17\,475,58 \text{ lm} = 17,5 \text{ klm}$

Svítidlo Alura

Světelný tok 6.3 lm účinnost 30.1 % = 0,301 klasifikace B21 87.2% ↑ 12.8%

$6.3 * 0,301 = 1,8963$ Ø svítidla Ø ULOR $1,8963 * 0,128 = 0,243$ lm

$133 \text{ ks} * 0,243 = 32,28 \text{ lm}$

Svítidlo NMF 401

Světelný tok 5600 lm účinnost 67% = 0,67 klasifikace B21 91.5% ↑ 18.5 %

$5600 * 0,67 = 3752$ Ø svítidla Ø ULOR = $3752 * 0,185 = 694,12$ lm

$101 \text{ ks} * 694,12 = 70\,106,12 \text{ lm} = 70,1 \text{ klm}$

Tabulka č. 7 Jednotlivé zatřídění svítidel a výpočet vyzařování do horního poloprostoru (Polaková, 26. 3. 2014)

Počet (ks)	Popis svítidla	Světelný tok (lm)	Účinnost (%)	Světelný tok ze svítidla	Světelný tok ULR %	Světelný tok ULR (lm)	ULR/ ks (klm)
664	Aluroad	6300	76	4788	↑ 1.0	47,9	31,8
643	Ambasador	13 500	80	10 800	↑ 0	0	0
579	Dingo 70W	5600	61,6	3451,3	↑ 0	0	0
425	Disk 70W	6000	62,8	3765,6	↑ 24.0	903,7	384,1
413	Disk 100W	6000	62,8	3765,6	↑ 24.0	903,7	373,3
404	MC 2 100W	9500	86,5	8212	↑ 0.5	41	16,6
353	MC 2 150W	14 000	88,4	12 376,5	↑ 0.4	49,5	17,5
171	Dingo 150W	14 000	57,5	8046,9	↑ 0	0	0
133	Alura	6,3	30,1	1,9	↑ 12.8	0,3	32,3
101	NMF 401	5600	67	3752	↑ 18.5	694,1	70,1

6.7 Zhodnocení zařazení svítidla do environmentální zóny dle světelného toku

Ze získaných hodnot vyplývá, že tři typy svítidel z desíti nevyzařují do horního poloprostoru. Jedná se o typy Ambassador a Dingo o výkonu 70W a 150W. Největší podíl světelného toku do horního poloprostoru představuje svítidla Disk. U těchto typů svítidel se to dá předpokládat, jelikož jejich tvar tomu odpovídá, protože nemají žádné krytí a jsou to svítidla již starší výroby. Město Havířov má databázi veřejného osvětlení, kde přesně mají vyčleněné, jaký typ svítidla se nachází na dané ulici. Díky mému zatřídění do environmentálních zón můžu dle směrnice, která uvádí limitní hodnoty podílu světelného toku svítidel do horního poloprostoru pro jednotlivé kategorie zón prostředí zhodnotit, jestli se daný typ svítidla do dané zóny hodí.

Prvním a nejpočetněji zastoupeným svítidlem je Aluroad, který vyzařuje 1.0 % do horního poloprostoru. Svítidlo je zobrazeno na obr. č. 30 jak ve dne, tak i v noci. Díky tomu můžeme toto svítidlo navrhnout do environmentálních zón dva, tři, čtyři a bude

splňovat limitní hodnoty. Tento typ se nachází ve všech městských částí Havířova. Podle mého zatřídění se hodí do příslušných zón, jelikož i v zóně E2 splňuje limit, který se především nachází v okrajových částech Bludovic, Dolní a Prostřední Suché, ale i do zóny E3, kde stanovený limit je vyšší a to je především část Šumbarku, Podlesí a Města.



Obrázek č. 30 Svítidlo Aluroad (Polaková, 8. 4. 2014)

Další svítidlo je Ambassador, který nevyzařuje žádné procento do horního poloprostoru. Na obr. č. 31 je vidět, jak vypadá ve dne a v noci a proto můžeme toto svítidlo navrhnout do všech environmentálních zón, kde bude splňovat limitní hodnoty, které se v mém zatřídění hodí do příslušných zón. Tento typ svítidla je jak v okrajových částech města, tak i na hlavních průtazích města a větších ulicích.



Obrázek č. 31 Svítidlo Ambassador (Polaková, 8. 4. 2014)

Svítidlo Dingo jak 70W a 150W výkonu nevyzařuje žádné procento do horního poloprostoru, tedy dle zatřídění se hodí do všech 4 zón. Typ svítidla o 70W výkonu se nachází ve všech částech města a to převážně v oblasti Města a Šumbarku, které řadím do zóny E3 a E4. Svítidlo o 150W má především zastoupení v části Šumbarku. Svítidlo je zobrazeno na obr. č. 32. Je zde zobrazení svítidla ve dne a v noci.



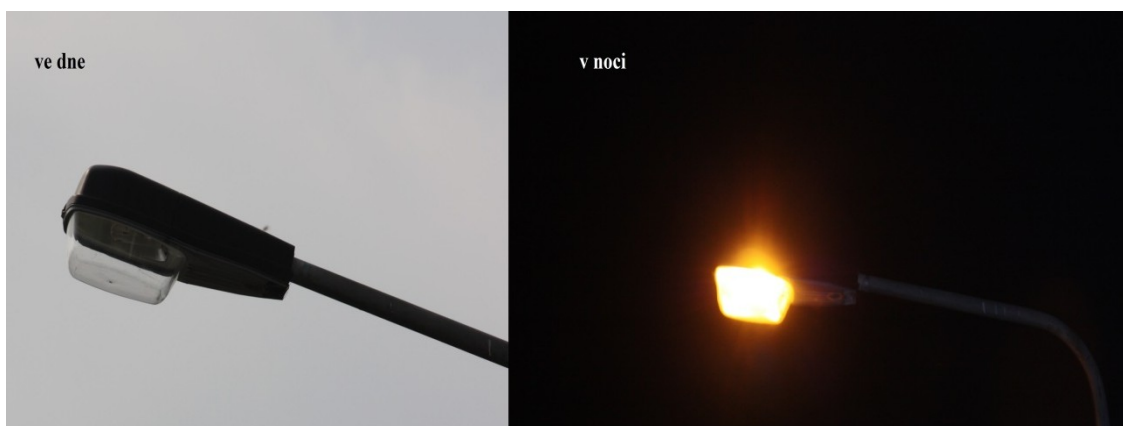
Obrázek č. 32 Svítidlo Dingo (Polaková, 8. 4. 2014)

Největším problémem z vybraných deseti nejvíce zastoupených svítidel je typ Disk Sadovka, který vyzařuje do horního poloprostoru 24.0 %. Tento typ je zobrazen na obr. č. 33. Tyto svítidla jak 70W a 100W výkonu jsou nejvíce zastoupeny v městské části Město a Podlesí. Obě tyto městské části jsou zařazeny do zóny E2, E3 ale i E4 ve které dle limitní hodnoty se daný typ svítidla mohl zařadit, ale jelikož se jedná o horní hranici, tak bych tento typ v první řadě zařadila do procesu výměny ve všech ulicích. Po konzultaci s p. Ing. Slimáčkovou je v plánu tento typ postupně obměňovat. V roce 2014 připravují výměnu až 100 ks těchto svítidel. Osvětlení prochází kompletní rekonstrukcí ve výměně kabelů – zemního vedení, stožárů z původních ocelových na nově žárově zinkové, výměna svítidla. Sice při takovém množství je to pomalý krok, ale díky vysokým finančním nákladům se musí postupovat popořadě.



Obrázek č. 33 Svítidlo Disk Sadovka (Polaková, 8. 4. 2014)

Dalším typem svítidla je MC 2 100W výkonem, která propouští 0.5 % světla do horního poloprostoru je zobrazen na obr. č. 34. Opět i toto svítidlo má největší zastoupení v městské části Město a Podlesí, které řadím do zóny E2, ale ve větší části do zóny E3, jelikož se jedná o části převážně tvořené obytnou a průmyslovou zónou. Velmi malý výskyt je v dalších částech, ale jen náhodně v daných ulicích. Tím, že se jedná o typ s malým množstvím vyzařování do horního poloprostoru, tak se hodí nejvíc do zóny E2, kde by splňoval limit. Jen o malou desetinu procenta vyzařuje stejný typ svítidla pouze s větším výkonem a to 150W. Jako u typu s menším výkonem se nachází převážně v části Město, Podlesí a Šumbark, ale i v části Bludovicích Dolní a Prostřední Suché. Opět se hodí podle mého zařazení do jednotlivých zón, ale nejlépe do E2.



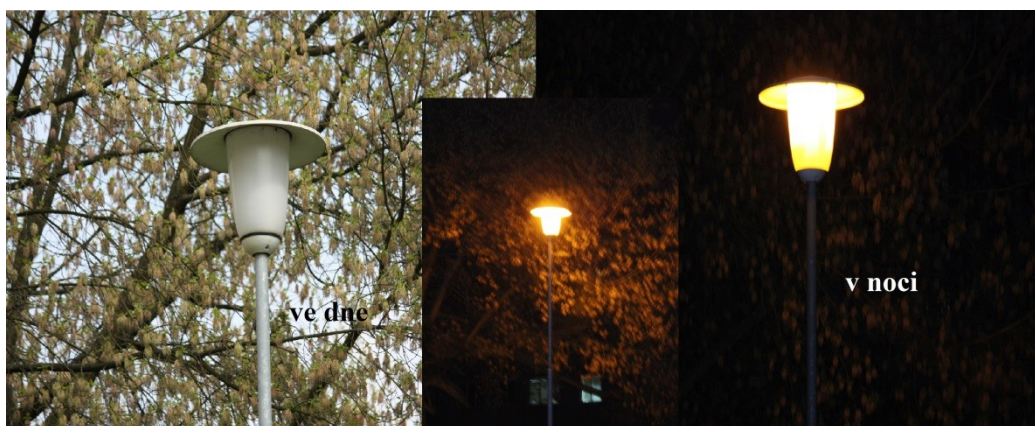
Obrázek č. 34 Svítidlo MC2 (Polaková, 8. 4. 2014)

Předposledním typem je svítidlo Alura, které se řadí jako třetí nejproblematictější svítidlo, vyzařující 12.8% do horního poloprostoru. Jeho tvar je uveden na obr. č. 35 Tento typ svítidla se nachází ve třech městských částech. Ve všech částech, ve kterých se svítidlo nachází, jsou ulice řazeny v zóně E3, tedy podle zařazení splňuje množství vyzařování, nicméně díky podílu světelného toku se jedná o nevhodné svítidlo.



Obrázek č. 35 Svítidlo Alura (Polaková, 8. 4. 2014)

Posledním zhodnoceným svítidlem je NMF 401, které je díky vyzařování do horního poloprostoru o 18.0% druhým nejproblematictějším svítidlem. Jeho tvar je zobrazen na obr. č. 36. Tento typ svítidla je používán v části Město a Podlesí a v jednom případě v městské části Šumbark. Oblasti, na kterých se nachází, spadají do zóny E2 a E3 tedy podle limitů v zóně E2 nesplňují požadavky této zóny a v zóně E3 splňuje. Pouze v jednom případě na ulici Dlouhé třídy, která je řazena do zóny E4.



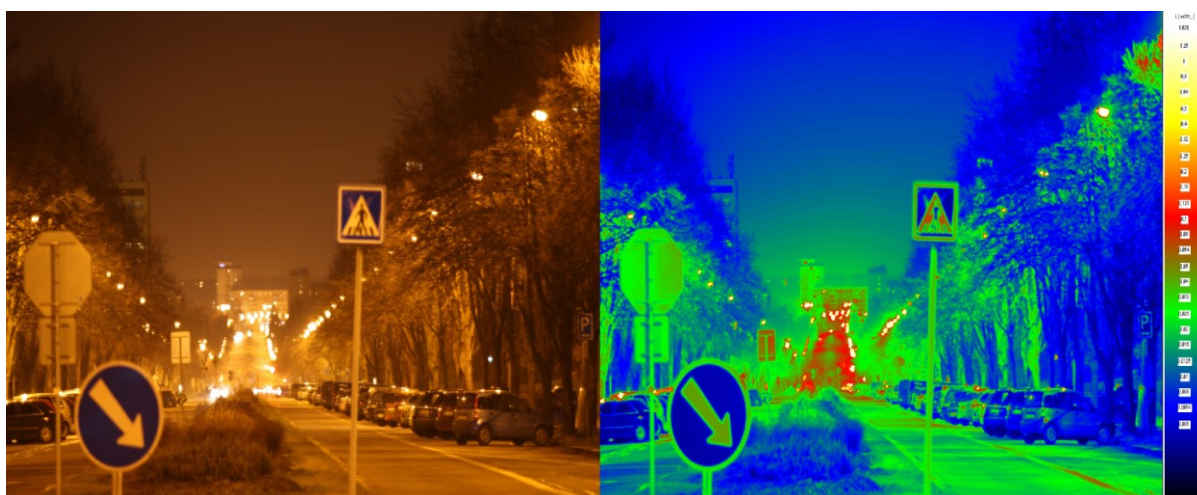
Obrázek č. 36 Svítidlo NMF 401 ve dne a v noci (Polaková, 8. 4. 2014)

6.8 Jasová analýza vybraných lokalit města Havířov

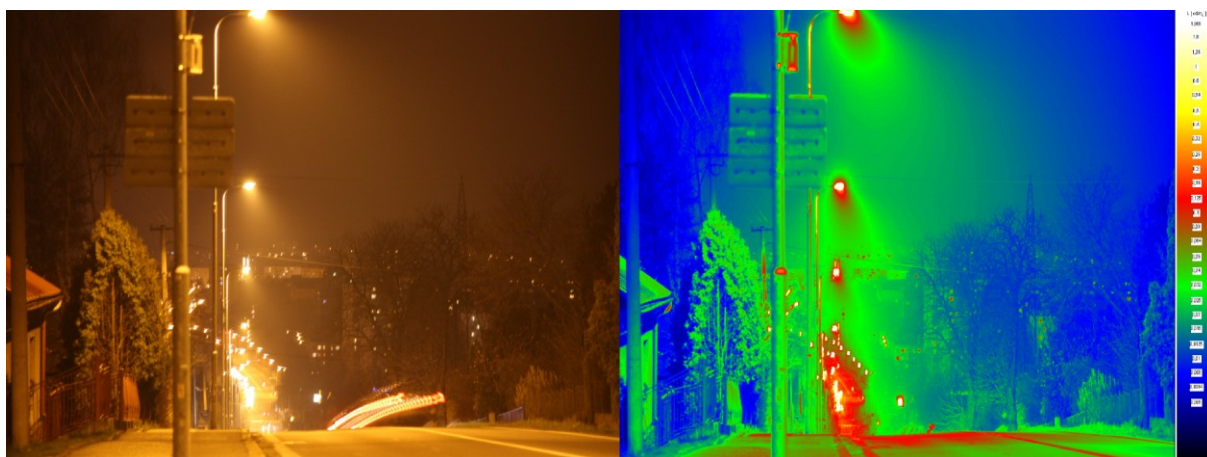
Jasovou analýzu vybraných lokalit jsem prováděla pomocí digitální fotografie. Výhodou digitálních fotoaparátů je skutečnost, že je lze nastavit na expoziční režim o velké citlivosti a rozsahu. Proto můžeme zaznamenat jak velmi vysoké, tak velmi nízké jasy prostředí. Měření proběhlo pomocí jasového analyzátoru LMK na bázi jednobarevné zrcadlovky Canon EOS 350D. Pomocí počítačového programu LMK 2000 jsme zpracovali naměřené snímky. Jako podklad k vyhodnocení jsou použita data ve formátu CR2, ve kterém je obraz zaznamenán ve formě tzv. RAW snímku. Z každého místa měření jsme použili tři snímky ve formátu RAW s různou expoziční dobou. Výsledný snímek je pak složen z těchto snímků s různou expozicí. Scéna jednotlivých snímků se nesměla měnit, museli být pořízeny v jednom čase a poloze pomocí tzv. stativu. Snímek jsme pořídili jak krátkoúhlým, tak i širokoúhlým objektivem typu rybí oko. Výsledek je patrný na uvedených fotografiích č. 37, 38, 39, kde jsou uvedeny jednotlivé původní fotografie a výsledná fotografie již zobrazena jako jasová mapa s vhodným měřítkem a logaritmickým vyjádřením, aby byl obraz čitelný. Snímky byly prováděny za jasného počasí a rovnoměrně zatažené oblohy.

Z jasové analýzy na obr. č. 37 můžeme vyjádřit, že VO je stíněno, svítí do stromů a automobily jsou výrazně tmavší. Ze snímku dále vidíme, že svítidla vyzařují ven do prostředí. Závěrem je možné říct, že svítidla nejsou přesně nasměrována a nesvítí jen tam, kam je to potřeba. Největší hodnoty jasu představuje červená barva o velikosti jasu $0,125 \text{ cd} \cdot \text{m}^2$, což je oblast pozemní komunikace, budov a žlutou barvou svítidla veřejného osvětlení o velikosti $0,8 \text{ cd} \cdot \text{m}^2$. Na obr. 38, kde je snímek pořízen z horní části

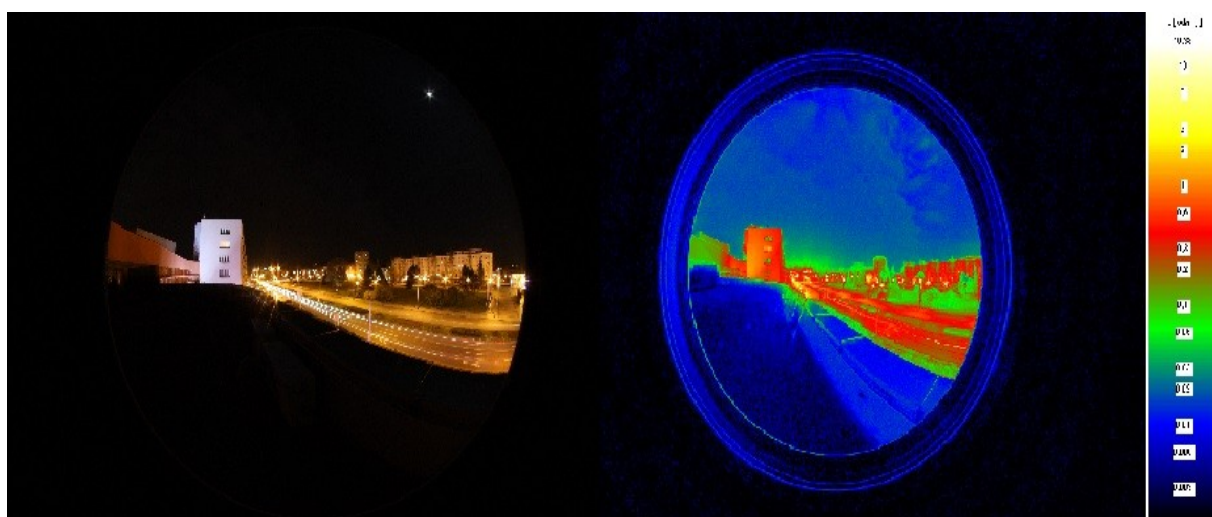
Bludovického kopce můžeme vyjádřit vyzařovací charakteristiku, neboli že vzniká závojevý jas a kolem svítidel se tvoří zvýšený jas. Můžeme předpokládat rozptyl v atmosféře, čímž nejde dobře vidět na oblohu. Opět je stejné jasové rozmezí pozemní komunikace a svítidel. Na posledním obr. č. 39, který je pořízen ze střechy obchodního domu Elán, můžeme popsat tak, že svítidla svítí do horního poloprostoru, ale nemůžeme určit přímý zdroj, který by vyzařoval. Je zde oblast se zvýšeným jasnem, město je ovlivněno nad obzorem, opět dochází k rozptylu a tedy i k zvýšenému jas. Fasády i komunikace jsou pod normou, některé reklamy mají zvýšený jas, ale nejde o nic zásadního. Tedy celkovým výsledkem jasové analýzy třech oblastí je, že svítidla VO mírně svítí do horního poloprostoru, vytváří mírně zvýšený jas, ale neprojevují se žádné zásadní nadměrné hodnoty.



Obrázek č. 37 fotografie a jasová mapa situace v noci na ulici Dlouhá třída (Polaková, 5. 3. 2014)



Obrázek č. 38 fotografie a jasová mapa situace v noci na ulici Těšínská „Bludovický kopec“ (Polaková, 5. 3. 2014)



Obrázek č. 39 fotografie a jasová mapa situace v noci ze střechy obchodní domu Elán (Polaková, 19. 3. 2014)

7. Diskuze

V rámci diplomové práce jsem celkově zhodnotila světelné znečištění a podrobně jsem se zaměřila na projevy této problematiky v městě Havířov. V první řadě je nutné poukázat na problém, kterému čelíme. Pod pojmem se skrývá řada teorií, avšak stále ji nelze tak lehce kvantifikovat. Světelným znečištěním se zabývá jak národní, tak nadnárodní legislativa, která se snaží této problematice předcházet. Česká republika se snažila jako první země z hlediska zapojení do legislativních předpisů, avšak průkopníkem této oblasti jsou evropské státy jako Itálie nebo Slovinsko. V české legislativě je pojem světelné znečištění charakterizován v zákoně o ovzduší z roku 2002, kde svůj prvotní potenciál nevyužil a postupem času v řešení problematiky ustupuje. V roce 2012 byl ze zákona zcela vynechán. Naopak Italské, Slovinské, Francouzské a zákony se snaží, snížit vliv světelného znečištění, zlepšit úspory energie s ní spojené a dále se dostávat do podvědomí lidí s tímto problémem.

Projevy špatného osvětlení na lidské zdraví, na průběh spánku a na náš denní rytmus se zabývá řada lékařů a odborníků. V roce 2003 byl proveden průzkum na zmapování problému se spánkem na českou populaci, závěrem bylo zjištěno, že třetina obyvatel má problémy, šlo však spíše o problémy psychického rázu, ale bylo zjištěno, že značná část nespí díky osvětlení zvenčí a vadí jim, že se nemohou podívat na oblohu plnou hvězd. Vlivem světelného znečištění na veřejné zdraví se podrobněji zabývá naše česká lékařka

MUDr. Drahoňovská, ze Státního zdravotního ústavu v Praze, která poskytuje zajímavé závěry ve svých člancích. Zajímavých výsledků dosáhla i izraelská univerzita v Haifě, která prokázala, že lidé žijící v blízkosti většího nočního osvětlení jsou náchylnější k rakovinotvornému bujení.

Dále se prokazuje vliv nadměrného nočního osvětlení na přírodní ekosystémy, rostliny a zvířata. Tyto vlivy se především projevují na dezorientaci ptactva při svých nočních tazích, na špatnou adaptaci živočichů na tmu a na narušení celkové druhové rozmanitosti daného ekosystému. Dále záleží na intenzitě, množství a spektrálním složení světla, které ovlivňuje délku dne a tím i růst a např. i opad listů stromů.

V České republice mají snahu astronomové a ochránci přírody chránit oblasti tmavé oblohy, které ještě nejsou zcela zahlceny osvětlením měst. Taková oblast se nachází v Beskydech na česko - slovenské hranici státu a má pouze symbolický význam. Existuje ještě Jizerská oblast, která byla vyhlášena v roce 2009 a stala se vzorem Beskydské oblasti tmavé oblohy. Hlavním cílem zakladatelů těchto oblastí je chránit tamní krajinu před stále větším množstvím světelné záře velkých měst.

Práce byla, jak už jsem řekla v úvodu, zaměřena na zhodnocení světelného znečištění na území obce Havířov. Základem pro posuzování znečištění tohoto typu bylo důležité zařadit město do environmentálních zón. Z hlediska tohoto zařazení zjistíme, kolik může dané svítidlo v této oblasti propouštět světlo do horního poloprostoru. Při zařazení jsem vycházela z územního plánu města Havířov, kde známe, zdali se jedná o urbanizovanou či neurbanizovanou zónu, které mají své specifikace. Každá zóna představuje určitou oblast a svůj charakter. Zóna E1, která je nejpřísnější z hlediska vyzařování do horního poloprostoru představuje významné observatoře, národní parky a chráněné území. Pro E2 se řadí území vzdálené nejméně 10 km od chráněných území, významných observatoří a národních parků. Dále pak oblasti vesnic a území s méně významným charakterem. Zóna E3 představuje obytné, zastavěné a příměstské oblasti. Zóna E4 zahrnuje městská centra a obchodní zóny. V městě Havířov oblast velkého významu nenachází. Na území města se pouze vytyčuje chráněné území Meandry řeky Lučiny, které od roku 1992 je prvním chráněným územím města. Tato oblast je zařazena do zóny E2, jelikož má charakter méně významné oblasti. Větší část města ale spadá do zóny E3, jelikož Havířov byl vystaven z důvodu zabezpečení bydlení pro pracovníky hutí a dolů, které město obklopuje. Centrem

města je zařazena i poslední zóna E4, která představuje oblast městského centra a náměstí. Celkové zhodnocení veřejného osvětlení v městě Havířov bylo podloženo materiály Technických služeb Havířov a.s., které mají tuto oblast na starost. Celkově město má přes pět tisíc světelných bodů (svítidel). Pro mou práci jsem zařadila všechny do přehledné tabulky, ale podrobněji jsem se věnovala prvním deseti typům svítidel, které jsou nejpočetněji zastoupené na území města a jejich výpočet vyzařování do horního poloprostoru při tak velkém počtu kusů již může mít značné výsledky a projevy ve světelném znečištění. Tři svítidla z deseti hodnocených splňují svojí funkčnost a to tak, že nevyzařují žádné procento do horního poloprostoru. Jedná se typ Ambassador a Dingo výkonu 70W a 150W. Velmi špatné vlastnosti mají tři typy svítidel a to NMF 401, Disk Sadovka, Alura, které propouštějí velké množství nežádoucího světla do horního poloprostoru a vytvářejí tak světelný přesah. Tři typy svítidel dle zhodnocení mají malé procento světelného toku, tedy až na první dva typy, které jsou z hlediska hodnocení nejlepší, se dá i s těmi svítidly pracovat a jsou vhodné použít i do oblastí se zónou E2, kde splní doporučenou hodnotu vyzařování do horního poloprostoru. Závěr práce je ještě doplněn o zajímavou jasovou analýzu provedenou pomocí digitální fotografie. Z vybraných třech lokalit, ve kterých byla provedena jasová analýza, vyplývá, že svítidla VO tlumeně svítí do horního poloprostoru, vytváří mírně zvýšený jas, ale neprojevují se žádné zásadní nadměrné hodnoty.

Podle zařazení do environmentálních zón a vyzařování do horního poloprostoru mohu říci, že tři svítidla jsou zcela šetrná. Další tři se pohybují ve velmi dobrých parametrech a čtyři svítidla jsou zcela nevhodná, jelikož svítí zbytečně tam, kam nemají a mohou být článkem pro tvorbu nadměrného svítu.

Město Havířov dbá na to, aby co v nejkratší době realizovala výměnu nevhodných svítidel, avšak ne každé nové svítidlo splňuje podmínky, které zabraňují světelnému znečištění. Předtím, než se do rekonstrukce pustíme, je vhodné celkově zhodnotit o jaký typ svítidla se jedná, jaké jsou jeho parametry, do jaké oblasti se budou realizovat a podle toho svítidla nakoupit. Je to velmi těžké prosadit, aby se situace změnila, jelikož nejsou žádné předpisy a zákony, které by přesně určovali jak má daná obec postupovat. Jsou pouze doporučené normativní hodnoty a limity, jak by to správně mělo vypadat. Proto se snaží různé jak národní tak mezinárodní skupiny, astronomové, odborníci, lékaři, ale

i skupiny laiků přistupovat nenásilnou formou k problému. Provádět stále více zhodnocení, měření, posuzování vlivů na lidskou společnost, zvířata, přírodu, celkové životní prostředí a snažit se dostat do podvědomí lidí, aby si začali uvědomovat situaci a zamysleli se nad problémem světelného znečištění. Naším přístupem můžeme měnit naši budoucnost a nezáleží vůbec na absenci legislativních předpisů, jako je tomu v současnosti v České republice.

8. Závěr

Světelné znečištění je výsledkem neefektivního, zbytečného a špatně navrženého osvětlení. Kromě veřejného osvětlení mezi další producenty patří osvětlení průmyslových zón, městské centra, nákupní centra, supermarkety, moderní prosklené budovy, venkovní sportoviště, reklamní a architektonické osvětlení. Naše urbanizovaná krajina potřebuje dodat hodně energie a prostředků pro náš pohodlný život. Musíme se snažit, abychom nevytlačili úplně přirozenou noční oblohu. Je důležité stále více dostávat tento problém do podvědomí nejen široké veřejnosti, ale především do podvědomí úředníků a důležitých orgánů, kteří rozhodují a schvalují procesy související s veřejným osvětlením a ostatním osvětlením měst.

Světelné znečištění je rychle rostoucí typ znečištění životního prostředí. Jeho hladina rychle roste v průběhu noční oblohy. Pro jeho omezení je definována řada účinných postupů. Nicméně i přes řadu omezení může docházet k odrazu od osvětlených ploch a působením atmosférických částic. Množství světelného znečištění záleží i na spektrálním složení dané osvětlovací lampy. Světelné znečištění se dostává pomalu do podvědomí, avšak stále není vnímáno stejně jako ochrana jiných složek životního prostředí před různými polutanty.

Cílem této práce bylo objasnit problematiku světelného znečištění a podrobněji ho dále rozebrat v městě Havířov. Pro zhodnocení jsem město zatřídila dle vlastního návrhu do příslušných environmentálních zón dle územního plánu města, podle toho, zdali se jedná o urbanizovanou či neurbanizovanou zónu, které mají své specifikace. V práci jsem zmapovala všechny typy svítidel na území obce Havířov, avšak podrobněji se věnovala prvním deseti nejvíce početněji zastoupeným svítidlům a zjistila, že tři svítidla zcela

vyhovují dle zatřídění do příslušné zóny a nevyzařují žádné procento do horního poloprostoru. Jedná se o typy Ambassador a Dingo o výkonu 70W a 150W. Další tři zhodnocené typy svítidel již vyzařují malé procento do horního poloprostoru, nicméně se hodí do příslušných zón a splňují hodnotu podílu světelného toku do horního poloprostoru. Jedná se o svítidla Aluroad, MC2 výkonu 100W a 150W. Poslední čtyři zhodnocené svítidla vyzařují v průměru kolem 19% do horního poloprostoru. Celkově v zóně E2 nesplňují limity podílu světelného toku. V zóně E3 a E4 limity splňují. Jejich podíl je velký, proto bych tyto svítidla typu Alura a NMF 401 již dále nepořizovala. Město oba typy používá výhradně do parků a pěších zón, kde je žádoucí osvětlit větší plochu i za cenu vyzařování. V případě staršího typu Disk Sadovka bych přistoupila na proces výměny za vhodnější.

Práce je ještě doplněna o zajímavou jasovou analýzu provedenou pomocí digitální fotografie. Z vybraných třech lokalit, ve kterých byla provedena jasová analýza, vyplývá, že svítidla VO tlumě svítí do horního poloprostoru, vytváří mírně zvýšený jas, ale neprojevují se žádné zásadní nadměrné hodnoty. Na závěr tedy můžu dle dostupných informací říci, že město Havířov nepatří do zcela nejproblematictějších obcí. Určité typy svítidel vyzařují do horního poloprostoru, a proto bych se snažila vyměnit především typ Disk Sadovka. Novější typ Alura a NMF bych doporučila při rekonstrukci nepoužívat. Při rekonstrukci VO bych preferovala svítidlo Aluroad. Je to svítidla s tělesem z tlakově litého hliníku, uvádí delší životnost a prachuvzdornost.

Seznámení s problémem světelného znečištění a jeho rozbor ve vybraných lokalitách města Havířov, jakožto cíl práce, byl podle mého názoru dosažen. Díky diplomové práci jsem si rozšířila vědomosti a taky mi tato práce přinesla mnoho užitečných informací z oblasti světelné techniky, veřejného osvětlení a světelného znečištění v místě mého bydliště. Dala mi možnost se setkat s lidmi, kteří se dennodenně zabývají touto problematikou. Přinesla mi jiný pohled na to, jak správně by mělo veřejné osvětlení nejen v městě Havířov vypadat, ale také ve mne probudila zájem si stále více rozšiřovat znalosti a informace v této problematice.

Zdroje

1. About the Campaign for Dark Skies. The British Astronomical Association's Campaign for Dark Skies [online]. 2014a [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://www.britastro.org/dark-skies/about.htm?00>
2. APO, vydává letáček o světelném znečištění. In: Amatérská prohlídka oblohy: astronomie.cz [online]. Amatérská prohlídka oblohy, o.s., listopad 2010 a [cit. 2014-02-25]. Dostupné z: <http://www.astronomie.cz/data/2010/11/letakweb.pdf>
3. BARTUSEK. *Ochrana životního prostředí: studijní opora* [online]. Tato studijní opora vznikla v rámci rozvojového projektu Tvorba elektronických studijních opor pro s. Ostrava: VŠB-TUO, 2008[cit. 2014-02-04]. Dostupné z: <http://www.fmfi.vsb.cz/export/sites/fmfi/cs/urceno-pro/studenty/podklady-ke-studiu/studijni-opory/616-Bartusek-Ochrana-zivotniho-prostredi.pdf>
4. CINZANO, Pierantonio. Laws against light pollution in Italy: Light Pollution in Italy. *Inquinamentoluminoso.it* [online]. 2000,2006 [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://www.inquinamentoluminoso.it/cinzano/en/page95en.html>
5. CINZANO, P. Quantifying light pollution. ScienceDirect [online]. May 2014 [cit. 2014-03-31]. Dostupné z: <http://80.www.sciencedirect.com/dialog/cvut.cz/science/article/pii/S0022407313004755>
6. CLARK, B. A. J. Venkovní osvětlení a kriminalita. Principy venkovního osvětlení pro Austrálii ve 21. století. 2002, první veřejné zpřístupnění české verze 13. dubna 2002. Dostupné z: http://www.astro.cz/_data/files/2007/10/04/lp40cz.pdf
7. DOHÁNYOSOVÁ A KOL., Pavla. Výkladový slovník aerosolových termínů. In: [online]. Slovník vznikl jako volný překlad Přílohy A knihy: BARON P. A., WILLEKE K. (2001), *Aerosol Measurem.* Praha: Česká aerosolová společnost, 2007 [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: <http://cas.icpf.cas.cz/download/Aerosolovnik.pdf>

8. Dopady světelného znečištění: Příroda. Světelné znečištění [online]. Copyright, 2013 [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://www.svetelneznecisteni.cz/dopady-svetelneho-znecisteni/priroda>
9. DRAHOŇOVSKÁ, Hana. Vliv světelného znečištění na veřejné zdraví. In: Mapování světelného znečištění a negativní vlivy osvětlování umělým světlem na živou přírodu na území ČR: Závěrečná zpráva [online]. Brno, 2004 [cit. 2014-03-25]. Dostupné z: http://amper.ped.muni.cz/noc/zprava_noc.pdf
10. FELDMAN, Rachel. Light at night and cancer. FELDMAN. University of Haifa Communications and Media Relations [online]. Copyright, 2010 [cit. 2014-02-25]. Dostupné z: <http://newmedia-eng.haifa.ac.il/?p=3501>
11. Francie bojuje proti světelnému znečištění povinnými zhasínáním. Chalupa to označil za "tmářství". Ekolist.cz [online]. Paříž, 2. 2. 2013 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/francie-bojuje-proti-svetelnemu-znecisteni-povinnymi-zhasinanim-chalupa-to-oznacil-za-tmarstvi>
12. GABZDYL, Pavel. *Dny bez nocí*. Hvězdárna a planetárium Brno. 2010. Dostupné z: <http://www.youtube.com/watch?v=WF90MWbcpoA>
13. GALAWAY. The economics of global light pollution: Ecological Economics. *ScienceDirect* [online]. 2010 [cit. 2014-03-31]. Dostupné z: <http://80.www.sciencedirect.com/dialog/cvut.cz/science/article/pii/S0921800909004121>
14. HAIS, Martin. Fyzikální podstata DPZ. In: [online]. České Budějovice, 2009 [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: http://kbe.prf.jcu.cz/files/prednasky/dpz_v_prirodnich_vedach/fyzikalni_podstata_nove.pdf

15. HEMERKA, Jiří a Pavel VYBÍRAL. *Základy ochrany ovzduší: Zákon o ovzduší str. 17*. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2008, 117 s. ISBN 978-80-01-03922-9.
16. HOLLAN, Jan a Ivana KLIMPLOVÁ. Zákon o ovzduší a prevence světelného znečištění, příloha: zákon z Lombardie. In: [online]. překlad z italského originálu 194.185.118.3/dati/CE0700/UR07.PDF (L.R. 27 marzo 2000, n. 17), srpen 2001 [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: http://www.astronomie.cz/data/2009/12/lombard_cz.pdf
17. HOLLAN, Jan. Mapování světelného znečištění a negativní vlivy osvětlování umělým světlem na živou přírodu na území České republiky: Závěrečná zpráva s přílohami. Projekt v rámci Programu a výzkumu vývoje MŽP ČR Téma VaV /740/3/03. Brno, leden, 2004. Dostupné z: http://amper.ped.muni.cz/noc/old/zprava_noc.pdf
18. HOLLAN, Jan. Venkovní osvětlení v obcích. In: *ZO ČSOP Veronica*, [online]. 2011 [cit. 2014-03-18]. ISBN 978-80-87308-04-2. Dostupné z: http://www.veronica.cz/dokumenty/HOLLAN_Venkovni_osvetleni_v_obcich.pdf
19. HOSNEDL, Jan. *Zajímavé příklady z atmosférické optiky doplněné pokusy* [online]. Plzeň, 1999 [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://www.kof.zcu.cz/st/dp/hosnedl/html/rozptyl.html>. Diplomová. Západočeská fakulta v Plzni.
20. CHOMOUCKÁ, Jana. Rozptyl. In: [online]. Ústav fyzikální a spotřební chemie, Fakulta chemická, Vysoké učení technické v Brně, Brno, 2008 [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: http://www.fch.vutbr.cz/~zmeskal/obring/presentace_2004/04_rozptyl.pdf
21. *INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION - CIE (Mezinárodní komise pro osvětlování)* [online]. Praha, 2001 [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://web.quick.cz/cnkie/>

22. International Dark Sky Parks. IDA [online]. 2014a [cit. 2014-03-25]. Dostupné z: <http://www.darksky.org/night-sky-conservation/86-international-dark-sky-parks>
23. KOCIFAJ, Miroslav. Light pollution: Theory, modeling, and measurements. *Science Direct*. 2009. Dostupné z: <http://80.www.sciencedirect.com/dialog.cvut.cz/science/article/pii/S0022407314000181>
24. KONDZIOLKA, Jan. Člověk a světlo. In *AstroNoviny: Instantní astro noviny* [online]. 2008 [cit. 2014-02-25]. Dostupné z: http://www.ian.cz/detart_fr.php?id=2768
25. KONDZIOLKA, Jan. Slovinské právo o světelném znečištění. Amatérská prohlídka oblohy: sekce České astronomické společnosti [online]. 3. leden 2010 [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://www.astronomie.cz/2010/01/slovinske-pravo-o-svetelnem-znecistení/>
26. KONDZIOLKA, Jan. Světelné znečištění - co na to zákon?. ČESKÁ ASTRONOMICKÁ SPOLEČNOST [online]. 25. 7. 2012 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://www.astro.cz/clanek/5275>
27. KONDZIOLKA, Jan. Založena Beskydská oblast tmavé oblohy. Česká astronomická společnost [online]. 14. 3. 2013 [cit. 2014-03-04]. Dostupné z: <http://www.astro.cz/clanek/5669>
28. KUDLÁČEK, CSC., Doc. Ing. Ivan. *Ekologie pro elektrotechniky: Hlavní složky životního prostředí str. 10*. Praha: ČVUT, 2009. ISBN 978-80-01-04392-9.
29. *Kurz osvětlovací techniky XXVIII: Vliv nočního osvětlení nočních poutačů na okolní obytnou zástavbu*. autor Petr Vrbík, Zdeňka Židková, Petr Baxant str. 242. Kouty nad Desnou: Česká společnost pro osvětlení, 2010. ISBN 978-80-248-2307-2. Dostupné z:

<http://www.csorsostrava.cz/sborniky/Kurz%20osvetlovaci%20techniky%20XXVIII.pdf>

30. LIGHT POLLUTION FREQUENTLY ASKED QUESTIONS: FREQUENTLY ASKED QUESTIONS. *The International Dark-Sky Association* [online]. 2014 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://www.darksky.org/about-ida/faqs#6>
31. Light Pollution Hurts Our Economy and Our Resources. RATON, Boca. *Florida Atlantic University* [online]. Department of Physics Florida Atlantic University. 2013b [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://physics.fau.edu/observatory/lightpoll-econ.html#MoneyEnergyResources>
32. Light pollution. Oxford dictionaries [online]. Oxford university press, 2014 [cit. 2014-02-23]. Dostupné z: <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/light-pollution>
33. Light pollution. SMITH, Shannon. *BGSU department of Physics and Astronomy* [online]. 2008 [cit. 2014-03-28]. Dostupné z: http://physics.bgsu.edu/~layden/student_show/Light_Pol_Shannon/light_poll.htm
34. LONGCORE, Travis a Catherine RICH. Ekologické světelné znečištění. In: Vyzkum nocniho prostredi Krkonos, zvl. vlivu osvetleni sjezdovek [online]. <http://amper.ped.muni.cz/noc/krnap/>. Brno, 2005 [cit. 2014-02-25]. Dostupné z: http://amper.ped.muni.cz/noc/vyber_textu/ekologie.pdf
35. MAIXNER, Tomáš. Světelné znečištění?. Předseda SRVO a pracovní skupiny Rušivé světlo při ČNK CIE,. Jablonec nad Nisou, 4.-5.listopad 2010, 11 s [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: files.srvo.cz/200000240-a7d45a8d01/maixner_rs.pdf
36. MANUÁL III – FAKTORY PROSTŘEDÍ, VLIV NA ZDRAVÍ, PREVENCE: Působení znečišťujících látek. In: Centrum preventivního lékařství [online]. [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://centrumprev.sweb.cz/MANUAL/manualIII-1.htm#pusobeni>

37. NARISADA, Kohei a Duco SCHREUDER. *Light Pollution Handbook: Astrophysics and Space Science Library*. Dordrecht: Springer, 2004. ISBN 978-1-4020-2666-9.
38. NOVÁK, Tomáš, Karel SOKANSKÝ a Petr ZÁVADA. Classification of environmental zones in the Czech Republic: classifying environmental zones. Ostrava, 11. říjen 2013.
39. INTERNATIONAL DARK SKY PLACES: What is an International Dark Sky Place?. IDA [online]. 2014b [cit. 2014-03-25]. Dostupné z: <http://www.darksky.org/night-sky-conservation/142-idsplaces>
40. OBROUČKA, Karel. *Ochrana ovzduší I.: Zdroje a látky znečišťující ovzduší*. Ostrava: Vysoká škola podnikání, 2003. ISBN 80-86764-00-1.
41. Ochrana ovzduší. In: *Podmínky rozptylu škodlivin v atmosféře* [online]. Vysoká škola chemicko -technologická. Praha, 2006 [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/ovzdusi/viden.htm>
42. PAVLORKOVÁ, Eva. Jak se bránit světelnému znečištění?. Ekologický právní servis [online]. 2010 [cit. 2014-03-25]. Dostupné z: <http://www.eps.cz/poradna/kategorie/ochrana-ovzdusi-ochrana-vod/dotaz/svetelne-znecistení>
43. POLÁŠKOVÁ A KOL., Anna. *Úvod do ekologie a ochrany životního prostředí: Problematika ovzduší str. 173*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2011. ISBN 978-80-246-1927-9.
44. Pouliční osvětlení - světelné znečištění a plýtvání energií. 4- Construction [online]. 2007 4-INDUSTRY, s.r.o., 2000 [cit. 2014-03-17]. Dostupné z: <http://www.4-construction.com/cz/clanek/poulicni-osvetleni-svetelne-znecistení-a-plytvani-energií/>

45. PP Meandry Lučina. *Pro přírodu* [online]. 2008 [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: <http://www.proprirodu.wz.cz/index.php?text=7-pp-meandry-luciny>
46. RATON, Boca. Light Pollution Harms Plants in the Environment. FAU Astronomical Observatory [online]. Department of Physics Florida Atlantic University. 2013a [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://physics.fau.edu/observatory/lightpol-Plants.html>
47. Skyglow: the Effect of Poor Lighting. Britastro [online]. 2014 [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.britastro.org/dark-skies/skyglow.htm>
48. Slovene Light Pollution Law. Dark Skies Awareness: An IYA2009 Cornerstone project [online]. 2009 [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://www.darks skiesawareness.org/slovene-law.php>
49. SOKANSKÝ A KOL., Karel. Světelná technika, Publikace vznikla za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.
50. SOKANSKÝ, Karel. Zpráva o řešení projektu „Výzkum emisí světelného rušení vyvolaného veřejným osvětlením za účelem jeho omezení v dopravě měst a obcí“. In: [online]. VŠB-TUO. Ostrava, 2005-2006 [cit. 2014-02-18].
51. SOKANSKÝ, Karel. *Zpracování podkladů pro zařídění komunikací: Měření a vyhodnocování osvětlení komunikací v konfliktních oblastech*. VŠB-TUO, Fakulta elektrotechniky a informatiky. Ostrava, 2012 [cit. 2014-02-11].
52. Správa CHKO Beskydy. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky [online]. vizus, 2014 [cit. 2014-03-04]. Dostupné z: <http://beskydy.ochranaprirody.cz/>

53. Správa CHKO Poodří a Krajské středisko Ostrava. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky [online]. vizus, 2014 [cit. 2014-03-04]. Dostupné z: <http://poodri.ochranaprirody.cz/>
54. STARÝ, Jiří. *Světelné znečištění ovzduší*. Olomouc, 2013. Dostupné z: http://geography.upol.cz/soubory/studium/dp/2013-rg/2013_Stary.pdf. Diplomová. Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Katedra geografie. Vedoucí práce RNDr. Martin Jurek, Ph.D.
55. Světelné znečištění v kostce. *Světelné znečištění* [online]. Copyright, 2013 [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: <http://www.svetelneznecisteni.cz/svetelne-znecisteni-v-kostce>
56. Světelné znečištění. Astronomický ústav AV ČR [online]. Copyright, Astronomický ústav AV ČR, 2008 [cit. 2014-02-23]. Dostupné z: <http://www.asu.cas.cz/svetelne-znecisteni>
57. Světelné znečištění. *Jizerská oblast tmavé oblohy* [online]. 2009, 20. 09. 2013 [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://www.izera-darksky.eu/light/light-cs.html>
58. Světlo 2011: Současnost a budoucnost světelné techniky. autor Jiří Habel, Petr Žák str. 74. Praha: Česká společnost pro osvětlení, 2011. ISBN 978-80-248-2480-2. Dostupné z: <http://www.csorsostrava.cz/sborniky/Svetlo2011.pdf>
59. The night sky in the World: Satellite monitoring of the artificial night sky brightness and the stellar visibility. Light Pollution Science and Technology Institute [online]. 2000 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://www.lightpollution.it/dmsp/>
60. The Sky Law. iac.es: Instituto de Astrofísica de Canarias [online]. 2013 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://www.iac.es/eno.php?op1=4&op2=10&lang=en>
61. Volná příloha závěrečné zprávy Programu výzkumu a vývoje MŽP ČR, téma VaV/740/3/03 „Mapování světelného znečištění a negativní vlivy osvětlování...“.

In: *Světlo v noci Závěrečná zpráva z marketingového výzkumu pro Přírodovědeckou fakultu MU Brno* [online]. Leden 2004 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: http://amper.ped.muni.cz/noc/verejnost_noc.pdf

62. Vyhláška č. 539/2007. Elektronická Zbierka zákonov: Informácie zo Zbierky zákonov a vestníkov ministerstiev SR [online]. Wolters Kluwer s. r. o., 2014 [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: http://www.zbierka.sk/sk/vyhľadavanie?filter_sent=1&_filter_predpis_aspi_id=539%2F2007&q=
63. *Vznikla beskydská oblast tmavé oblohy*. Hlavní regionální zpravodajská relace České televize. Ostrava: Česká Televize 1996-2014, 2013. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/10122978233-udalosti-v-regionech-ostrava/413231100030304-udalosti-v-regionech/>
64. WOLNY, David. Rušivé vlivy venkovních osvětlovacích soustav. Ostrava, 2011. Bakalářská práce. Vysoká škola Báňská- Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.
65. Základní informace: Geografie – Historie – Měření tmy – Právní status – Zakládající organizace. Beskydská oblast tmavé oblohy [online]. 2014 [cit. 2014-03-04]. Dostupné z: http://www.boto.cz/?page_id=12
66. Základní údaje. *Havířov* [online]. Grafické studio upgrade CZ s.r.o., 2012 [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://www.havirov-city.cz/historie-a-soucasnost/historie-havirova.html>

Seznam obrázků

<i>Obrázek č. 1 Rozložení barev ve spektrální oblasti viditelného záření (czechsolar.cz, 1. 12. 2013).....</i>	<i>6</i>
<i>Obrázek č. 2 definice jasů (elektrika.cz, 1. 12. 2013)</i>	<i>7</i>
<i>Obrázek č. 3 Mapa světleného znečištění v ČR (asu.cas.cz, 4. 3. 2014)</i>	<i>9</i>
<i>Obrázek č. 4 Rušivé světlo- světlo rozptýlené mimo oblast zrakového úhlu (Dostál, 30. 11. 2013).....</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek č. 5 trajektorie světelného paprsku v atmosféře (www.kof.zcu.cz, 18. 2. 2014)..</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek č. 6 Absorpce dopadajícího slunečního záření hlavními atmosférickými plyny v intervalu 0.1 to 30 μm (kbe.prf.jcu.cz/, 26. 11. 2013).....</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek č. 7 osvětlení dětského parku na ulici Beethovenova/Fibichova Havířov (Polaková, 17. 3. 2014).....</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek č. 8 Architektonické osvětlení Kulturního domu Radost Havířov (Polaková, 17. 3. 2014).....</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek č. 9 Průmyslová zóna překladiště kontejnerů Havířov-Šumbark (Polaková, 12. 3. 2014).....</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek č. 10 reklamní osvětlení obchodního domu Elán Havířov (Polaková, 17. 2. 2014)</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek č. 11 reklamní osvětlení čerpací stanice Benzina Havířov (Polaková, 17. 2. 2014)</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek č. 12 Nová prosklená budova na náměstí Republiky Havířov (Polaková, 13. 3. 2014).....</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek č. 13 Kvalita svítidla podle směru záření (video dny bez nocí, 11. 2. 2014)</i>	<i>38</i>
<i>Obrázek č. 14 Světlomet se speciálním směrovačem světelného toku (Sokanský, závěrečná zpráva 2006).....</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek č. 15 Mapa vymezení území města Havířov (sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz, 5. 2. 2014)</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek č. 16 Mapa hvězdáren a observatoří v ČR (Wolny, 4. 3. 2014)</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek č. 17 Mapa národních parků a chráněných území (ochranaprirody.cz, 4. 3. 2014)</i>	<i>42</i>

<i>Obrázek č. 18 Vzdálenost ostravské hvězdárny a planetária Johanna Palise a Havířová (Polaková, sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz, 4. 3. 2014)</i>	44
<i>Obrázek č. 19 Vzdálenost nejbližše položených chráněných území městu Havířov (Polaková, geoportal.gov.cz, 4. 3. 2014)</i>	44
<i>Obrázek č. 20 Mapa s vyznačenou hranicí Beskydské oblasti (boto.cz, 4. 3. 2014)</i>	46
<i>Obrázek č. 21 Satelitní pohledy na severní Moravu v noci (ceskatelevize.cz, blue-marble.de, 2013-2014)</i>	47
<i>Obrázek č. 22 logo beskydské oblasti tmavé oblohy (boto.cz, 4. 3. 2014)</i>	48
<i>Obrázek č. 23 zatřídění městské části Šumbark do environmentální zóny (Polaková, 23. 2. 2014)</i>	49
<i>Obrázek č. 24 zatřídění městské části Dolní Suchá do environmentální zóny (Polaková, 23. 2. 2014)</i>	50
<i>Obrázek č. 25 zatřídění městské části Prostřední Suchá do environmentální zóny (Polaková, 23. 2. 2014)</i>	51
<i>Obrázek č. 26 zatřídění městské části Město do environmentální zóny (Polaková, 23. 2. 2014)</i>	52
<i>Obrázek č. 27 zatřídění městské části Dolní Datyně do environmentální zóny (Polaková, 23. 2. 2014)</i>	54
<i>Obrázek č. 28 zatřídění městské části Bludovice do environmentální zóny (Polaková, 23. 2. 2014)</i>	55
<i>Obrázek č. 29 zatřídění městské části Podlesí a Životice do environmentální zóny (Polaková, 23. 2. 2014)</i>	56
<i>Obrázek č. 30 Svítidlo Aluroad (Polaková, 8. 4. 2014)</i>	65
<i>Obrázek č. 31 Svítidlo Ambassador (Polaková, 8. 4. 2014)</i>	65
<i>Obrázek č. 32 Svítidlo Dingo (Polaková, 8. 4. 2014)</i>	66
<i>Obrázek č. 33 Svítidlo Disk Sadovka (Polaková, 8. 4. 2014)</i>	67
<i>Obrázek č. 34 Svítidlo MC2 (Polaková, 8. 4. 2014)</i>	68
<i>Obrázek č. 35 Svítidlo Alura (Polaková, 8. 4. 2014)</i>	68
<i>Obrázek č. 36 Svítidlo NMF 401 ve dne a v noci (Polaková, 8. 4. 2014)</i>	69
<i>Obrázek č. 37 fotografie a jasová mapa situace v noci na ulici Dlouhá třída (Polaková, 5. 3. 2014)</i>	70

<i>Obrázek č. 38 fotografie a jasová mapa situace v noci na ulici Těšínská „Bludovický kopec” (Polaková, 5. 3. 2014)</i>	70
<i>Obrázek č. 39 fotografie a jasová mapa situace v noci ze střechy obchodní domu Elán (Polaková, 19. 3. 2014)</i>	71

Seznam tabulek

<i>Tabulka č. 1 Barevné tóny viditelného světla (Sokanský a kol., 2011)</i>	6
<i>Tabulka č. 2 Přípustné maximum rušivého světla ve venkovních osvětlovacích soustavách (Sokanský a kol., 2011)</i>	28
<i>Tabulka č. 3 Největší povolený podíl světelného toku svítidel vyzařovaného do horního poloprostoru (Sokanský a kol., 2011)</i>	28
<i>Tabulka č. 4 Minimální délky mezi zónami vztahované k referenčnímu bodu v zóně (Maixner, 2010)</i>	29
<i>Tabulka č. 5 zařazení zón dle jasu oblasti a okrajových podmínek prostředí (Novák, 2013)</i>	29
<i>Tabulka č. 6 Přehled městských částí do environmentálních zón (Polaková, 11. 2. 2014)</i>	57
<i>Tabulka č. 7 Jednotlivé zatřídění svítidel a výpočet vyzařování do horního poloprostoru (Polaková, 26. 3. 2014)</i>	64

Seznam grafů

<i>Graf č. 1 zastoupení jednotlivých tříd osvětlení komunikací (Polaková, 11. 2. 2012)</i>	60
--	----

Seznam příloh

Příloha 1 Podrobné rozdělení svítidel na území města Havířov

Příloha 2 Fotografie vybraných míst a veřejného osvětlení v městě Havířov

Příloha 3 Údaje a specifikace prvních nejpočetněji zastoupených svítidel program Relux Pro